

В. В. Донченко



УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ:

**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАДИГМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ
И РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА**



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного
транспорта (НИИАТ)»

В.В. Донченко

УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ:

изменение парадигмы планирования и развития
городского транспорта

Учебник

*Допущено Федеральным УМО по укрупненной группе специальностей
и направлений подготовки 23.00.00 - «Техника и технологии наземного
транспорта» по направлениям подготовки - 23.04.01 «Технология
транспортных процессов», уровень образования – «магистратура»,
23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», уровень
образования – «магистратура»*

МОСКВА
2023

УДК 656.078

ББК 39.8

Д67

Рецензенты:

Ю.В. Трофименко, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, д.т.н., профессор

М.Р. Якимов, директор Института транспортного планирования Общероссийской общественной организации «Российская академия транспорта», д.т.н., доцент

Д67 Донченко В.В.

УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: изменение парадигмы планирования и развития городского транспорта: учебник. - Москва: Агентство РАДАР, 2023. – 402 с.

ISBN 978-5-6048401-2-2

В учебнике сформулированы основные положения концепции устойчивого развития городских транспортных систем, проанализированы негативные последствия роста автомобилизации. Описаны особенности транспортного поведения населения, формирования транспортного спроса, реализации мобильности в городах. Рассмотрены различные аспекты трансформации приоритетов городской транспортной политики от обеспечения мобильности к обеспечению доступности объектов притяжения, изложены методы и модели качественной оценки параметров транспортной доступности в процессе транспортного планирования. Рассмотрены основные положения концепции «Избегай-Сдвигай-Улучшай» применительно к формированию устойчивых городских транспортных систем. Проанализировано влияние различных моделей землепользования и отдельных градостроительных решений на показатели транспортной доступности и изменение мобильности жителей городов. Рассмотрены вопросы совершенствования систем городского пассажирского транспорта общего пользования и развития новых устойчивых форм городской мобильности.

Для студентов, обучающихся по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 23.00.00 – «Техника и технологии наземного транспорта» по направлениям подготовки – 23.04.01 «Технология транспортных процессов», уровень образования – «магистратура», 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», уровень образования – «магистратура».

Учебник

Донченко Вадим Валерианович

УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ:

изменение парадигмы планирования и развития городского транспорта

Подписано в печать 29.06.2023. Формат 60×90 1/16.

Печать цифровая. Печ. л. 11,0. Тираж 1000 экз. Заказ № 1

Отпечатано в типографии ООО «Агентство дорожной информации РАДАР»

E-mail: road-auto@mail.ru

© В.В. Донченко, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОБ АВТОРЕ	7
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	8
ОТ АВТОРА	10
ВВЕДЕНИЕ	12
1. РОЛЬ ТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ	15
1.1. Общая характеристика автомобильного транспорта в Российской Федерации и транспортных систем городов России	16
1.2. Общая характеристика пассажирского транспорта общего пользования городов России	20
2. УРБАНИЗАЦИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ	22
2.1. Проблемы урбанизации - как найти «устойчивые» решения?	22
2.2. Негативные последствия автомобилизации	29
2.2.1. Перегруженность улично-дорожных сетей (транспортные заторы)	31
2.2.1.1. Транспортная перегруженность (заторы) как одна из серьезных проблем обеспечения устойчивости городских транспортных систем	31
2.2.1.2. Некоторые теоретические подходы к рассмотрению перегруженности улично-дорожных сетей и их причин	36
2.2.1.3. Некоторые выводы, касающиеся перегруженности улично-дорожных сетей	49
2.2.2. Дорожно-транспортная аварийность	52
2.2.3. Загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом	59
2.2.3.1. Общая информация о влиянии автотранспорта на состояние атмосферного воздуха	59
2.2.3.2. Экологические характеристики автотранспортных средств и проблемы обеспечения их установленного уровня в эксплуатации	62
2.2.3.3. Дистанционный контроль выбросов от автотранспортных средств	72
2.2.3.4. Методические основы расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами при разработке и реализации транспортных проектов	81
2.2.4. Выбросы парниковых газов	87
2.2.5. Пути решения транспортных проблем в городах	96
2.2.6. Новая реальность – отказ от использования двигателей внутреннего сгорания?	98
2.3. Устойчивость городских транспортных систем	101
2.4. Качество жизни в городах	106
3. ОСНОВЫ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	109
3.1. Транспортное поведение населения	109
3.2. Транспортный спрос	117

3.2.1. Транспортный спрос как базовое понятие транспортного планирования	117
3.2.2. Транспортный спрос как экономическая категория	127
3.2.3. Классификация моделей транспортного спроса	129
3.2.4. Использование 4-х шаговой модели планирования поездок	136
3.3. Транспортное предложение	146
3.4. Эластичность транспортного спроса	151
3.5. Выигрыш потребителя и скрытый (латентный) спрос	161
3.5.1. «Выигрыш потребителя»	161
3.5.2. Скрытый (латентный) спрос	163
3.5.3. Транспортный спрос в моделях управления заторами	164
3.6. Транспорт и мобильность	165
3.7. Временные ограничения мобильности	170
3.7.1. Бюджет времени поездок (ТТВ) и расходование времени поездок (ТТЕ). Константа Маркетти	170
3.7.2. Влияние перегруженности улично-дорожных сетей (транспортных заторов) на планирование бюджетов времени домашних хозяйств	176
3.7.3. Подходы к стоимостной оценке времени поездок	178
3.7.3.1. Оценка стоимости времени в пути	178
3.7.3.2. Неоднородность стоимости времени участников дорожного движения	178
3.7.3.3. Использование небольшой экономии времени в пути	179
3.7.3.4. Продуктивность использования времени в пути	180
3.7.3.5. Надежность времени в пути и ее значение	182
3.8. Доступность	189
3.8.1. Доступность и ее место в планировании городской среды и транспортной системы	189
3.8.2. Методы оценки доступности	200
3.8.2.1. Показатели, относящиеся к расстоянию/времени поездки до ближайшего места притяжения	203
3.8.2.2. Показатели, связанные с совокупными возможностями доступа в пределах некоторого временного порога	204
3.8.2.3. Гравитационные или энтропийные методы построения показателей доступности	205
3.8.2.4. Показатели доступности, основанные на полезности со случайным выбором	207
3.8.2.5. Учет вида транспорта при определении показателей доступности	210
3.8.2.6. Учет в показателях доступности конкуренции пользователей за получение возможности деятельности или услуг	214
3.8.3. Как оценивать доступность при решении практических задач городского и транспортного планирования:	215

4. ПЛАНИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	222
4.1. Традиционные подходы к планированию городских транспортных систем	222
4.2. Оценка эффективности работы транспортных систем	226
4.3. Основы принятия решений в транспортных системах	235
4.4. Оценка транспортных проектов и программ с использованием сложных (составных) критериев	239
4.5. Приоритеты транспортной политики и планирования городских транспортных систем – изменение парадигмы на современном этапе развития общества	249
4.5.1. Недостатки традиционных подходов к формированию городской транспортной политики и транспортному планированию	249
4.5.2. Изменение подходов к транспортному планированию	257
4.6. Концепция «избегай – сдвигай – улучшай» – как формировать устойчивые городские транспортные системы на основе комплексных решений	264
4.7. Влияние моделей землепользования и градостроительных решений на доступность и мобильность	270
4.7.1. Современные международные подходы к обеспечению качества городской среды	270
4.7.2. Городское планирование и борьба с транспортными заторами	281
4.7.3. Анализ городской территориально-транспортной политики в Российской Федерации на федеральном, региональном и местном уровнях	286
4.7.3.1. Проблемы обеспечения качества городской среды в городах Российской Федерации	286
4.7.3.2. Качество городской среды и проблемы монофункциональной жилой застройки	289
4.7.3.3. Проблемы, связанные с ошибками градостроительного проектирования	290
4.7.3.4. Проблема «расползания» городов	292
4.7.3.5. Проблемы реновации и уплотнения застройки	292
4.7.3.6. Отсутствие механизмов обеспечения «подключения» новой застройки к транспортной инфраструктуре	295
4.7.3.7. Недостаточность правовых основ реализации градостроительной политики, отсутствие эффективных механизмов взаимодействия с девелоперами и контроля их деятельности	295
4.7.4. Концептуальные, методические и организационные основы территориального и транспортного планирования в Российской Федерации. Состояние и существующие проблемы	299
4.7.5. Транспортно-градостроительные параметры предлагаемых проектных решений, влияющие на развитие транспортных систем городов	301
4.7.6. Транспортно-градостроительные модели	302

5. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ	308
5.1. Некоторые общие вопросы совершенствования систем городского пассажирского транспорта общего пользования	308
5.1.1. Роль пассажирского транспорта общего пользования в обеспечении устойчивой мобильности в городах	308
5.1.2. Планирование эффективных систем городского пассажирского транспорта общего пользования	308
5.1.2.1. Цели, задачи и базовые принципы планирования систем общественного пассажирского транспорта общего пользования	309
5.1.2.2. Планирование маршрутной сети и организация перевозок пассажирским транспортом общего пользования	313
5.1.2.3. Скорость и время в пути: факторы, влияющие на выбор пользователей городского транспорта	318
5.1.2.4. Институциональные аспекты планирования перевозок ПТОП	320
5.1.2.5. Сочетание стабильности структуры сети ПТОП и ее адаптируемости к меняющимся условиям	321
5.1.2.6. Принципы выбора вида пассажирского транспорта общего пользования и организация его работы	322
5.1.2.7. Мультимодальные маршрутные сети. Организация взаимодействия между различными видами городского транспорта	324
5.2. Новые формы городской мобильности	327
5.3. Активная мобильность	332
5.4. Развитие электромобильности	333
5.5. Городские грузовые перевозки и городская логистика	341
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	344
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	347
Приложение 1. Уровни выбросов загрязняющих веществ в соответствии с Техническим регламентом Таможенного Союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»	363
Приложение 2. Некоторые показатели работы транспорта	367
Приложение 3. Некоторые показатели, используемые для оценки устойчивости транспортных систем	373
Приложение 4. Глоссарий	377
Приложение 5. Расширение процедуры оценки транспортных проектов	380
Приложение 6. Направления обеспечения устойчивого (безопасного и низкоуглеродного) развития транспорта и мобильности в городах	400

ОБ АВТОРЕ

Донченко Вадим Валерианович

Родился 5 марта 1948 года в Москве.

В 1971 г. окончил Московский автомобильно-дорожный институт (технический университет) по специальности «Автоматизация и комплексная механизация производственных процессов в строительстве и на транспорте», а в 1976 г. – аспирантуру по кафедре «Автоматизация производственных процессов» МАДИ. С 1971 по 1972 гг. и с 1976 по 1977 гг. работал на кафедрах «Эксплуатация автомобильного транспорта» и «Автоматизация производственных процессов» МАДИ-ТУ. В 1994 г. прошел обучение по программе «Повышение безопасности дорожного движения» в Шведском национальном дорожно-транспортном исследовательском институте VTI (г. Линчёпинг).

С 1977 г. работает в «Научно-исследовательском институте автомобильного транспорта (НИИАТ)», пройдя путь от младшего научного сотрудника до генерального директора (2005-2011 гг.) и научного руководителя института (с 2011 г. по настоящее время). Кандидат технических наук (1981 г.), старший научный сотрудник (ВАК, 1982 г.). Действительный член Российской академии транспорта, член Президиума Ассоциации транспортных инженеров (АТИ). Член секций Научно-технического Совета Министерства транспорта Российской Федерации, член Экспертного Совета при Департаменте природопользования и охраны окружающей среды Москвы. Заведующий базовой кафедрой МАДИ-ТУ «Устойчивый городской транспорт». Председатель научно-технических советов ОАО «НИИАТ» и Комитета по развитию общественного транспорта Российской академии транспорта.

С 1994 г. представляет Российскую Федерацию в различных международных организациях (ЕЭК ООН, Международный транспортный Форум (МТФ) и др.). С 2002 г. является членом Бюро (Председателем Бюро в 2014 и 2020 гг., заместителем Председателя Бюро) Управляющего комитета Общеευропейской Программы ЕЭК ООН – ВОЗ по транспорту, окружающей среде и охране здоровья (ОПТОСОЗ), с 2012 по 2022 гг. являлся членом Бюро Комитета по транспортным исследованиям ОЭСР-МТФ. Является членом научно-технического комитета CODATU (Организации сотрудничества в области городской мобильности в развивающихся странах).

Сфера научных интересов – проблемы обеспечения устойчивости функционирования городских транспортных систем, обеспечение безопасности дорожного движения, экологическая безопасность автомобильного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ASC** – средние общественные затраты.
- BRT** – «bus rapid transit» – метробас, система организации скоростного автобусного движения.
- CBA** – «cost-benefit analysis» – анализ «затраты-результат».
- LRT** – легкорельсовый транспорт.
- LUTI**-модель – модель взаимодействия землепользования и транспорта.
- MCA** – многокритериальный анализ (multi-criteria analysis).
- MCDA** – многокритериальный анализ решений (multi-criteria decision analysis).
- MSC** – предельные (маржинальные) общественные затраты.
- MNL** – мультиномиальная логит-модель.
- MPC** – предельные частные издержки.
- ОВОС** – оценка воздействия на окружающую среду.
- RS** – remote sensing – дистанционное зондирование.
- TTB** – «travel time budget» – бюджет времени поездок.
- TTE** – «travel time expenditure» – использование времени поездок.
- VOT** – стоимость времени.
- АТС** – автотранспортное средство.
- ВВП** – валовый внутренний продукт.
- ВОЗ** – Всемирная организация здравоохранения.
- ГПТОП** – городской пассажирский транспорт общего пользования.
- ДВС** – двигатель внутреннего сгорания.
- ДТП** – дорожно-транспортное происшествие.
- ЕС** – Европейский Союз.
- ЕЭК ООН** – Европейская экономическая комиссия ООН.
- ЗВ** – загрязняющие вещества.
- ИТС** – интеллектуальные транспортные системы.
- КСОДД** – Комплексная схема организации дорожного движения.
- КСОТ** – Комплексная схема организации транспортного обслуживания населения.
- МТФ** – Международный транспортный форум (ITF – International Transport Forum), межправительственная организация, в которой участвуют 62 страны.
- ОАО НИИАТ** – Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта».
- ОГ** – отработавшие газы.
- ОДД** – организация дорожного движения.
- ОИВ** – органы исполнительной власти.
- ОПТ** – общественный пассажирский транспорт (сокращение, принятое в некоторых источниках).

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития.

ПДД – Правила дорожного движения.

ПКРТИ – Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры.

ППС – паритет покупательной способности.

ПТОП – пассажирский транспорт общего пользования.

ПТС – паспорт транспортного средства.

СИМ – средства индивидуальной мобильности.

СНГ – сжиженный нефтяной газ.

СПГ – сжатый природный газ.

ТО – техническое обслуживание.

ТОД – транзитно-ориентированное развитие («transit oriented development»).

ТПУ – транспортно-пересадочный узел.

ТС – транспортное средство.

УДС – улично-дорожная сеть.

ОТ АВТОРА

Вопросы обеспечения экологической безопасности автотранспорта стали предметом моих научных интересов с конца 80-х годов, когда я возглавил соответствующее подразделение Научно-исследовательского института автомобильного транспорта (НИИАТ). Эта проблематика с годами все более усложнялась и расширялась, охватывая все больше смежных вопросов и дисциплин, так или иначе связанных с эксплуатацией транспортных систем и их воздействием на окружающую среду и здоровье населения.

Когда в начале 2000-х годов мне впервые довелось представить на суд Научно-технического Совета института доклад по проблемам «устойчивости городского транспорта», маститые профессора, руководители отделов и другие корифеи автотранспортной науки с некоторой долей обиды и ревности спрашивали меня: «Вы что же хотите заниматься всеми нашими проблемами?». И действительно уже тогда понятие «устойчивости транспорта» начало становиться комплексным и мультидисциплинарным – оно стало включать помимо вопросов экологичности транспортных средств и топлив, организацию пассажирских перевозок и дорожного движения, исследование транспортного спроса населения, методы оценки воздействия транспортных систем на окружающую среду и многое другое.

В 2005 году вышла моя первая монография «Устойчивый городской транспорт», которая во многом обобщила личный опыт международного сотрудничества по этой проблеме в рамках проектов рабочих групп Европейской конференции министров транспорта (ЕКМТ). С тех пор прошло много лет и многое изменилось как в транспортном секторе, так и в нашем восприятии проблем его устойчивого развития. Сейчас обеспечение устойчивости городского транспорта подразумевает сочетание и комплексное применение к одному объекту – городским транспортным системам – методов и подходов различных научных дисциплин – экономики, «транспортной экологии», математики, социологии, градостроительного проектирования, психологии, организации перевозок, движения и логистики, а также других наук. Рассмотрение транспортных проблем городов все больше отходит от чисто инженерных подходов в пользу системных решений, охватывающих в том числе различные смежные по отношению к транспорту сектора и виды деятельности.

Идея данного учебника возникла как итог сотрудничества НИИАТ и Московского автомобильно-дорожного института (технического университета) (МАДИ-ТУ), с одной стороны, и Университета Версаль-Сен-Кантен-ан-Ивелин (г. Версаль, Франция) (University of Versailles

Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)), с другой стороны. Это сотрудничество осуществлялось в рамках идеи создания Академии Общеввропейской программы по транспорту, окружающей среде и охране здоровья ЕЭК ООН-ВОЗ (ОПТОСОЗ) и было связано с созданием международного учебного курса «Устойчивый городской транспорт» и организацией взаимного обмена магистрантами, обучающимися по этому курсу в России и во Франции. Пандемия коронавируса и изменение внешнеполитической ситуации внесли свои коррективы в это сотрудничество, но итогом его стало создание на базе МАДИ-ТУ и НИИАТ базовой кафедры «Устойчивый городской транспорт». Лекции, прочитанные магистрантам на этой кафедре, стали основой данного курса.

Материалы данного курса в значительной мере основываются на результатах последних исследований и разработок Центра транспортных исследований Организации экономического сотрудничества и развития – Международного транспортного форума (ОЭСР-МТФ), а также результатах работ, проводившихся в рамках Общеввропейской программы по транспорту, окружающей среде и охране здоровья ЕЭК ООН-ВОЗ (ОПТОСОЗ). В той или иной мере при написании учебного пособия использовались обобщенные, адаптированные и систематизированные результаты работ таких известных зарубежных ученых и экспертов, как Эрик Миллер, Карел Мартенс, Фил Гудвин, Тодд Литман, Энтони Мэй, Николас Бушуд и других. По возможности отдельные положения курса проиллюстрированы конкретными примерами расчетов.

Проблемы устойчивого развития городских транспортных систем безусловно требуют своего дальнейшего более углубленного рассмотрения по многим направлениям – моделирование и планирование городской среды и транспорта, планирование систем пассажирского транспорта общего пользования, использование инновационных транспортных технологий, экономические аспекты обеспечения «устойчивости» транспортных систем и многое другое. Надеюсь, что все эти вопросы найдут отражение в последующих учебных материалах по курсу «Устойчивый городской транспорт». В Приложении к данной книге представлен адаптированный перевод фрагментов проекта МТФ «Broadening Transport Appraisal. Summary and Conclusions», в котором представлены новые идеи, связанные с оценкой транспортных проектов. Полагаю, что этот материал может лечь в основу дальнейших исследований и разработок в области транспортного планирования и моделирования.

Автор с благодарностью примет любые замечания и предложения по содержанию данного учебника.

Автор выражает благодарность сотрудникам ОАО «НИИАТ» М.Ю. Кургановой, В.С. Чижовой и Е.В. Князевой за помощь в оформлении данного издания.

«Город, посаженный на иглу тотальной автомобильной зависимости, становится нефункциональным, неэффективным и неудобным для жизни. Задача транспортной системы – перемещение людей, а не транспортных средств»

*В. Вучик «Транспорт в городах, удобных для жизни»
«Я не хочу руководить транспортом. Я хочу руководить движением в городе». Джанет Садик-Хан (из речи при назначении комиссаром Департамента транспорта г. Нью-Йорк)*

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт играет важнейшую роль в жизни общества и в экономике. Он обеспечивает населению доступ к другим людям, рабочим местам, учебным заведениям, товарам и услугам, объектам социальной инфраструктуры, объектам досуга и т. д. Помимо этого транспорт является важнейшим структурным элементом и связующим звеном экономики страны, обеспечивающим доставку различных грузов/товаров и функционирование различных субъектов отраслей экономики. Транспорт способствует развитию торговли и туризма, создает рабочие места и, что очень важно, обеспечивает связанность территории страны. Вклад транспорта в экономику страны определяется через показатели эффективности работы других секторов экономики и удовлетворение потребностей общества в перевозках пассажиров и грузов.

В то же время с работой транспорта связан и целый ряд негативных последствий, приводящих, в конечном итоге, к значительному социально-экономическому ущербу для экономики страны. Эти последствия в своем большинстве явно не отражаются в наблюдаемых обществом результатах и показателях, а также в соответствующих экономических оценках. Для многих наиболее очевидными транспортными проблемами остаются транспортные задержки вследствие заторов, гибель и ранения людей в дорожно-транспортных происшествиях, недостаточная доступность транспортных услуг и остающаяся недостаточной экономическая эффективность перевозок. Вследствие этого приоритеты транспортной политики часто отдаются инвестициям в инфраструктуру и подвижной состав транспорта, в организацию перевозок и движения, т. е. в дальнейшее развитие и совершенствование предложения провозной/пропускной способности транспортных систем (и, в первую очередь, автотранспортных). Однако за пределами достаточного практического внимания часто остаются такие важные, но плохо количественно оцениваемые вопросы,

как воздействие транспорта на климат, состояние окружающей среды и здоровье населения (через воздействие на атмосферный воздух, шумовое и электромагнитное загрязнение, загрязнение водных источников и т. д.); воздействие транспорта на качество жизни населения (в первую очередь в городах); риски дорожно-транспортных происшествий; эпидемиологическая безопасность на транспорте. Все перечисленные последствия являются «внешними» эффектами или (экстерналиями) транспортной деятельности и работы транспорта, т. е. «эффектами, накладываемыми на благосостояние третьих лиц, не являющимися непосредственными участниками рыночных сделок (т. е. продавцами и покупателями блага (услуг транспорта, поездок), оборот которого эти эффекты вызывает), поэтому не отражаемыми в ценах» [1]. Внешние эффекты работы транспорта являются в своем большинстве отрицательными. Именно сложность и многоаспектность транспортной деятельности и работы транспорта, которые сочетают позитивные и негативные эффекты, определяет необходимость более комплексных подходов и решений, охватывающих не только предложение новых возможностей транспортных систем (их провозной и пропускной способности), но и формирование и распределение транспортного спроса, его удовлетворение в мультимодальных транспортных системах.

Многие годы основой политики в области обеспечения движения транспорта и мобильности служил подход, получивший в зарубежной практике условное название «спрогнозировать и обеспечить». Он заключался в выявлении факторов, ограничивающих пропускную способность транспортных систем, определении приоритетов в их устранении и увеличении пропускной способности инфраструктуры [2]. В рамках такого подхода такие виды мобильности, как перевозки общественным транспортом, выполняли в основном вспомогательную, социальную функцию. С ростом интереса к развитию и преобразованию городских территорий этот подход оказался под все более возрастающей критикой. В результате изменилось само восприятие транспорта и мобильности. На определенном этапе важным стало не само обеспечение и развитие мобильности, а используемые для этого способы. Во многих странах в качестве одной из ведущих политических задач стал провозглашаться переход от использования личного автотранспорта к использованию общественного пассажирского транспорта и активных форм мобильности. Владение личным автомобилем стало терять свою престижность и привлекательность среди населения (в первую очередь, среди молодого поколения).

В то же время подход под условным названием «спрогнозировать и обеспечить» продолжает оставаться востребованным в целом ряде стран. Более того, в некоторых случаях и в некоторых странах такой подход может быть вполне оправдан (например, там, где недостаточно развита дорожная

инфраструктура и не обеспечивается достаточная связанность территорий и населенных пунктов).

Сейчас во многих странах наблюдается новое изменение приоритетов транспортной политики. Обсуждается и начинает применяться подход, направленный не на обеспечение мобильности, а на обеспечение доступности различных территорий и видов транспорта, ограничение негативного воздействия автотранспорта за счет стимулирования создания высококачественных альтернатив поездкам на автомобиле. Реализация данного подхода поддерживается за счет мер по управлению мобильностью и её замещению, таких как дистанционная работа, снижение интенсивности дорожного движения в часы пик и повышение роли различных цифровых сервисов (например, концепция «мобильность-как-услуга»). Наконец, все более важная роль отводится территориальному (или пространственному) планированию в части сдерживания дальнейшего использования «неустойчивых» моделей мобильности. Территориальное планирование должно способствовать практическому внедрению передовых градостроительных практик (плотная и смешанная застройка, создание общественных пространств, «зеленых» и «голубых» городских территорий и т. д.), реализации принципов «транзитно-ориентированного» развития городских территорий, созданию плотной сети разных категорий маршрутов общественного транспорта, безопасных и привлекательных велосипедных и пешеходных маршрутов. Все это создает условия для обеспечения устойчивой мобильности, как основы городской транспортной политики, направленной на создание возможностей для быстрого и безопасного доступа к жилью, работе, услугам, бизнесу и т. д. Городам, которые следовали принципам планирования устойчивых городских транспортных систем, определяемых в рамках таких концепций, как «Город для людей, а не для автомобилей», «Умный город», «Здоровые улицы», «Умная мобильность», удалось, в целом, стать удобными для жизни благодаря реализации комбинированных комплексов мер, включающих в том числе меры по [3]:

- изменению транспортного поведения населения;
- интеграции городского и транспортного планирования;
- развитию общественного транспорта и управлению мобильностью;
- развитию и внедрению информационных и телекоммуникационных технологий;
- развитию «электромобильности», «смарт-мобильности», систем коллективного пользования автотранспортом;
- повышению экологического самосознания населения;
- усилению внимания к здоровому образу жизни и развитию активной мобильности.

1. РОЛЬ ТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Экономика государств и регионов базируется на производстве, распределении и потреблении товаров и услуг. Существует огромная потребность в транспортировке различных ресурсов из одного конкретного места в другое. Эти ресурсы могут варьироваться от материальных объектов (материалы, продукция, товары) до персонала организаций и предприятий, которые перемещаются в те места, где для них обеспечена трудовая деятельность. Таким образом, транспорт является важнейшей обслуживающей отраслью экономики. Не создавая непосредственно новой продукции, он обеспечивает развитие и функционирование экономики страны, связывая ее различные регионы и обеспечивая перевозки населения и различных грузов. Транспорт расширяет диапазон источников поставок товаров, которые будут потребляться в данном районе, позволяя пользователям получать ресурсы и товары по более низкой цене и более высокого качества. Использование более эффективных систем товарообеспечения приводит к увеличению общего количества товаров, доступных для потребления.

Транспорт является неотделимой частью существования любого общества. Транспортная связанность территории страны является залогом ее экономического процветания и безопасности, обеспечения высоких стандартов качества жизни населения. Существует очень тесная связь между развитием транспорта и стилем жизни людей, разнообразием и местом проведения мероприятий, а также номенклатурой и ценой товаров и услуг, которые доступны потребителям.

Пример: Если товар производится в точке A и востребован людьми в другой точке B , удаленной на расстояние x от A , то цена товара при прочих равных условиях зависит от расстояния x между этими двумя центрами (A и B), а также от системы транспортировки между этими точками. Лучшая система транспортировки обеспечивает более дешевые товары в точке B .

Характеристики транспортной системы, подвижность населения (мобильность) и транспортный спрос населения, и экономики являются тесно связанными категориями.

Необходимо отметить, что транспортная деятельность концентрируется в транспортных узлах и транспортных коридорах. Основными транспортными узлами являются города, в которых проживает 75% населения и в которых сосредоточен экономический и социальный потенциал страны. В связи с этим именно в городах с особой остротой встают проблемы обеспечения эффективности, качества и безопасности работы транспорта.

1.1. Общая характеристика автомобильного транспорта в Российской Федерации и транспортных систем городов России

Несмотря на относительно невысокий средний уровень автомобилизации (311 легковых автомобилей на 1 000 жителей) Российская Федерация занимает 2 место в Европе по абсолютной численности автомобильного парка (59,4 млн. единиц с учетом прицепов на начало 2022 г.). Численность парка автотранспортных средств в Российской Федерации за период 2005 – 2022 гг. (на начало каждого года) приведена в таблице 1.1. Темпы роста автомобилизации в российских городах заметно ускорились на рубеже 2010-х. Это привело в 2010-2015 годах к снижению пассажиропотока на муниципальном общественном транспорте и общественном транспорте в целом. За период с 1991 по 2022 гг. общая численность автомобильного парка увеличилась с 12,15 млн единиц до 59,6 млн единиц, т. е. в 4,9 раза, в основном за счет увеличения личного автотранспорта, численность которого возросла в 40 раз. Средний возраст российского автопарка к концу 2020 года составил около 15,2 лет. (см. таблицу 1.2).

Количество мотоциклов в России на начало 2022 года составило 2,3 млн (снижение на 20% по сравнению с 2009 годом). С 2017 года в России наблюдался заметный рост продаж мотоциклов (в 2019 году было продано около 15 000 мотоциклов, на 60% больше, чем в 2018 году). Рост популярности двухколесных транспортных средств (особенно в крупных городах) обусловлен увеличением платы за парковку автомобилей в городах (для двухколесных транспортных средств парковка бесплатная). Мотоциклы также позволяют быстрее передвигаться в условиях перегруженного городского движения.

Отечественные модели автомобилей составляют около 38% российского автопарка. Автотранспортные средства с дизельными двигателями составляют в среднем по стране (на 01.01.2021): легковые автомобили – около 5%, автобусы – 49,3% и грузовики – 69,5% парка. Доля легковых автомобилей с дизельными двигателями в различных регионах России на 01.01.2021 г. представлена в таблице 1.3. Количество электромобилей, зарегистрированных в России к началу 2022 года, составило 16,5 тыс. единиц.

Распределение парка легковых и грузовых автомобилей по экологическим классам в 2018 году и прогноз такого распределения на 2023 год представлены (по данным Russian Automotive Market Research) в таблице 1.4. Структура парка легковых автомобилей по экологическим классам и возрасту приведена на рисунке 1.1 (см. цветную вклейку) по данным [4].

Значения уровня автомобилизации существенно различаются по регионам Российской Федерации и крупным городам (таблица 1.5) [5]. Уровень автомобилизации сильно зависит от ряда факторов: уровня благосостояния населения, размеров города, развития системы общественного транспорта,

существующих ограничений на использование личных автомобилей, градостроительной специфики города и т. д.

Таблица 1.1

Численность парка автотранспортных средств в Российской Федерации, млн (на начало каждого года)*

Год \ Тип автотранспортных средств	2005	2010	2015	2018	2019	2022 ¹
Легковые автомобили	25,57	34,35	44,25	47,42	48,43	49,3
Грузовые автомобили, в т. ч.: - использующие КПП	4,85 -	5,41 -	6,23 0,27	6,49 0,27	6,54 0,28	6,56 всего, вкл. LCV**
Автобусы, в т. ч.: - использующие КПП	0,79 -	0,89 -	0,87 0,04	0,86 0,04	0,87 0,04	0,36 ²
Всего	31,21	40,65	51,35	54,24	55,84	59,6

* Данные согласно официальным статистическим источникам (Росстат, МВД РФ), однако следует отметить заметное (до 10%!) расхождение официальной статистики с данными независимых аналитических агентств, работающих с автотранспортной статистикой (например, Агентство «Автостат»), а также с данными местных органов власти.

** LCV – легкие коммерческие автомобили.

Таблица 1.2

Средний возраст парка автотранспортных средств в Российской Федерации, лет (на начало каждого года, данные аналитического агентства «Автостат»)

Год \ Тип автотранспортных средств	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Легковые автомобили	12,4	12,5	12,5	13,1	13,4	13,6	13,9
Грузовые автомобили	18,9	19,3	19,7	65% (старше 15 лет)	21,2	21,2	21,6
Автобусы	15,3	15,2	15,9	16,0	н/д	16,5	16,6

¹ По данным Росстата, агентства «Автостат».

² По данным ГТЛК на середину 2022 г. 440 тыс. единиц.

Таблица 1.3

Структура российского автомобильного парка легковых автомобилей по виду используемого топлива (по федеральным округам), %

Федеральный округ	Бензин	Дизель
Москва	90	10
Санкт-Петербург	91	9
Центральный ФО	95	5
Северо-Западный ФО	93	7
Поволжский ФО	96	4
Сибирский ФО	96	4
Южный ФО	95	5
Дальне-Восточный ФО	92	8
Северо-Кавказский ФО	98	2
В среднем по стране	95	5

* Самая высокая доля – в Чукотском АО (26,1%)

Таблица 1.4

Формальная структура российского автомобильного парка по экологическим классам в 2018 г. (на 01.07.2018 г.) и 2023 г. (прогноз на 01.01.2023 г. без учета изменений, связанных с временной отменой ряда требований к производимым АТС после февраля 2022 г.) (данные Russian Automotive Market Research)

Экологический класс	Тип автомобиля			
	Легковые		Грузовые	
	2018	2023	2018	2023
Евро 0-1	43,8	33,3	68,4	61,2
Евро-2	10,1	8,7	6,8	6,1
Евро-3	25,7	23,9	14,0	12,7
Евро 4-5	20,4	34,1	10,8	20,0

Таблица 1.5

Уровень автомобилизации в крупнейших городах России (по состоянию на 01.06.2020 г.) (Агентство «Автостат», 2021 г.)

Город	Население, тыс.	Парк легковых автомобилей, тыс.	Уровень автоматизации, тыс. легк. авт. на 1000 жителей
Екатеринбург	1526,4	465,5	305
Казань	1257,4	378,5	301
Воронеж	1058,3	333,1	315
Красноярск	1094,5	328,1	300
Нижний Новгород	1271,8	363,3	286
Новосибирск	1625,6	456,5	281
Омск	1154,5	334,7	290
Пермь	1055,4	252,4	239 (238)**
Челябинск	1196,7	331,7	277
Волгоград	1009,0	267,3	265
Ростов-на-Дону	1137,9	325,0	286
Самара	1156,7	382,9	331
Уфа	1140,3	322,7	283
Москва	12678,1	3632,9	287* (310)**
Санкт-Петербург	5398,1	1709,7	317 (307)**
Краснодар	1022,0	355,0	347
Тольятти	699,4	216,1	309
Саратов	838,0	254,4	304
Тюмень	807,3	241,0	299
Махачкала	735,6	113,8	155

* по данным Москомархитектуры - 298 авт/1000 жителей (01.01.2020 г.)

** данные «Автостат Инфо», июль 2022 г.

Уровень автомобилизации в конкретном городе может, однако, не отражать загруженность улично-дорожной сети и остроту транспортных проблем. Это связано с тем, что зачастую в крупнейших городах эксплуатируются автотранспортные средства, зарегистрированные владельцами в других регионах России. Так, в г. Москве по оценкам Департамента транспорта (Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы - ред.) численность таких легковых автомобилей составляет до 20% от числа автомобилей, официально зарегистрированных в городе. Ежедневно по данным Дептранса г. Москвы (2019 г.) по дорогам города передвигается порядка

3,2-3,6 млн автомобилей при общей численности всех зарегистрированных автомобилей 4,7 млн единиц (в т. ч. 3,6 млн легковых автомобилей, по данным «Автостат Инфо»).

В России в 2017 году средний пробег легкового автомобиля оценивался как 16 700 км в год. В 2022 году этот показатель по имеющимся оценкам составил 18 700 км, т. е. возрос на 12% [6]. Средний годовой пробег зависит от размера города. Для Москвы, Санкт-Петербурга и Московской области он составляет около 20 000 км в год, в республиках Северного Кавказа – около 26 000 км. Пробег зависит от возраста автомобиля³ (3-10 лет – 18 000 км в год; 10-20 лет – 15 000; более 20 лет – менее 10 000), а также от модели (отечественные модели – 15 300 км в год, зарубежные – 18 000). С 1991 г. средний годовой пробег автомобиля (т. е. фактически его использование) возрос на 87%.

1.2. Общая характеристика пассажирского транспорта общего пользования городов России

В Советском Союзе пассажирский транспорт общего пользования (ПТОП) исторически был основным видом транспорта, позволявшим удовлетворять транспортные потребности населения. В 1990-х годах ситуация в Российской Федерации изменилась: функции управления системами ПТОП были переданы региональным/местным органам власти без надлежащей финансовой поддержки и на фоне быстрого развития автомобилизации. В результате качество услуг общественного пассажирского транспорта значительно ухудшилось, что, в свою очередь, стимулировало дальнейшее переключение транспортного спроса на использование личных автомобилей и развитие автомобилизации в стране. В середине 2000-х – начале 2010-х годов ситуация начала меняться – правительством и местными органами власти были предприняты различные меры для поддержки развития ПТОП и повышения качества его услуг. В 2020 году городской электрический общественный транспорт (трамваи, троллейбусы и метро) и все виды автобусов перевезли 11 535 млн человек, что составило более 92% от общего объема пассажирских перевозок всеми видами общественного транспорта (Росстат).

В России действуют семь систем метрополитена (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Новосибирск, Самара, Екатеринбург, Казань) и один метротрам (Волгоград). Общий объем пассажирских перевозок метрополитеном в 2020 году составил 2 189 млн. человек (на 36% меньше, чем в 2019 году из-за пандемии COVID-19). Строительство систем метро также обсуждалось и даже было начато (но затем остановле-

³ Данные 2017 г.

но) в некоторых других крупнейших городах России (Челябинск, Красноярск, Омск).

В России нет систем легкого метро, хотя такие системы (а также частично подземные скоростные трамваи) также обсуждались в ряде российских городов.

Наземные виды городского электротранспорта (трамвай, троллейбус, электробус) являются наиболее экологически чистыми видами городского пассажирского транспорта (помимо метро). Трамвайные системы эксплуатируются в 61 городе России (2017 г.), троллейбусные системы – в 86 городах. Преимуществом трамвайных систем является их потенциально большая провозная способность. За последние несколько лет трамвай получил свое «второе рождение» в ряде крупных российских городов.

В то же время имеются случаи, когда существующие трамвайные или троллейбусные маршруты закрываются и заменяются автобусными маршрутами. В 2000-х годах трамвайные сети были закрыты в семи городах (Воронеж, Архангельск, Рязань, Иваново, Астрахань, Ногинск и Дзержинск), а в нескольких городах они были значительно сокращены (Омск, Челябинск, Владивосток). Троллейбусные маршруты были закрыты в нескольких крупных и средних городах (Пермь, Архангельск, Тюмень, Астрахань, Курган, Благовещенск, Владикавказ). Правительство Москвы также ликвидировало троллейбусные маршруты и заменило их автобусными маршрутами (с автобусами, работающими на КПП) и маршрутами электробусов. Планируется, что в будущем все автобусные и троллейбусные маршруты в Москве будут обслуживаться электробусами. Вопросам развития электротранспорта в России посвящен также раздел 5.4.

Говоря об эффективности и качестве функционирования городских транспортных систем, следует четко понимать, как мы хотим их оценивать и чем мы собираемся управлять для достижения установленных целей – транспортным спросом, транспортным предложением (характеристиками транспортной системы) или подвижностью (мобильностью) населения. Эти вопросы рассмотрены в последующих разделах.

Контрольные вопросы:

1. Роль транспорта в современном обществе и характеристика автомобильного транспорта и транспортных систем городов России.
2. Понятие автомобилизации и ее характеристики в России.

2. УРБАНИЗАЦИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

2.1. Проблемы урбанизации - как найти «устойчивые» решения?

Сейчас около половины жителей земли (порядка 3,5 млрд человек) проживает в городах. Согласно прогнозам, к 2050 году в городах будет проживать порядка 6,5 миллиардов человек, то есть 70% мирового населения (ежегодный прирост городского населения – более 70 млн человек по данным Всемирного Банка (2018 г.)). В развитых странах доля городского населения составляет от 70 до 97%. Население мира удвоится в течение следующих 43 лет, а территория, занятая городами, удвоится за 19 лет [7]. Для развивающихся стран, в частности, прогнозы еще более кардинальные: ожидается, что городское население удвоится в период с 2000 по 2030 гг., а общий уровень освоения городских земель, как ожидается, утроится [8]. В то время, как Латинская Америка уже сильно урбанизирована, а в Китае продолжается стремительный рост городов, Африка и остальная Азия также начинают сталкиваться с волной урбанизации. Последствия, вероятно, будут далеко идущими, учитывая сравнительно низкий уровень доходов населения и слабые институты, которые присутствуют в большинстве городских районов этих стран. Действительно, такие модели развития отдаляют людей и места их притяжения друг от друга, что приводит к значительному пространственному несоответствию, экономической неэффективности, большему загрязнению окружающей среды и большему социальному неравенству. В свою очередь, необходимость поощрения большей доступности в городах становится гораздо более очевидной.

В городах автомобиль и другие моторизованные транспортные средства пока остаются основными средствами обеспечения мобильности населения. В мире насчитывается около 1 миллиарда легковых автомобилей, большинство из которых эксплуатируются в городах. Во многом благодаря этому быстрый рост городского населения приводит к росту энергопотребления, загрязнения окружающей среды и связанной с этим заболеваемости и смертности, дорожно-транспортной аварийности и перегруженности улично-дорожных сетей. При неограниченном росте использования личных автомобилей сложившиеся города перестают быть удобными для жизни.

В последние десятилетия в Европе наблюдается тенденция к росту числа и масштабов городских агломераций. В настоящее время существует около 100 агломераций, в которых проживает около 60% населения Европы. В то же время развитию агломераций сопутствуют такие проблемы, как высокий спрос на провозную способность транспортной системы, перегруженность и повышенный износ транспортной инфраструктуры, ухудшение

экологической ситуации, необходимость правового регулирования взаимоотношений муниципальных образований, входящих в агломерацию.

Таким образом, урбанизация является источником глобального роста, который в то же время влечет за собой множество проблем (рисунок 2.1) (см. цветную вклейку).

В силу неизбежности урбанизации и возрастающих потребностей в городской мобильности, необходимы целенаправленные действия для обеспечения устойчивого развития городов, позволяющие не только уменьшить нагрузку на социальное, экономическое и экологическое благополучие населения, но и позволяющие ускорить национальное и глобальное развитие. «Новая городская повестка дня» («New Urban Agenda»), принятая на Конференции Хабитат-III в 2016 году, определила городское планирование и управление как одну из наиболее острых потребностей для обеспечения устойчивого развития. В рамках этой более широкой повестки дня страны официально поддержали «инклюзивное, безопасное, жизнестойкое и устойчивое» городское развитие, как одно из семнадцати направлений устойчивого развития ООН [9, 10]. Прогресс в достижении этой цели – будь то выбор более устойчивого способа передвижения, повышение доступности жилья или ограничение потребления земли – во многом связан с созданием практической основы обеспечения доступности в городах.

На Форуме мэров городов U20 (май 2019 г.) было заявлено, что «строительство устойчивых и жизнестойких городов крайне важно для обеспечения качества жизни, средств к существованию и здоровья жителей городов» [11].

Во всем мире быстрая урбанизация открывает огромные возможности для тех, кто живет в городах и их пригородах. Городские жители, как правило, получают более высокие доходы, чем жители в сельской местности. Горожане пользуются преимуществами жизни в непосредственной близости от мест работы, от жизненно важных услуг и торговли. Однако тот же самый приток в города людей и концентрация в них экономической активности оказывают огромное давление на окружающую среду, создавая нагрузку на существующие транспортные системы. В свою очередь, жителям и предприятиям становится все труднее достигать друг друга, и они часто делают ставку на размещение в городских районах с наибольшей доступностью. Другими словами, люди хотят жить там, где легко добираться до ключевых пунктов назначения. Это, в свою очередь, приводит к росту цен на землю и усугубляет как неравенство в доходах, так и «пространственное неравенство». Чтобы избежать этого, городским властям необходимо планировать, проектировать и предоставлять транспортные услуги и осваивать земли таким образом, чтобы приоритет отдавался **инклюзивному доступу населения** к пунктам его притяжения.

Стремление к более широкому и инклюзивному доступу населения требует нового видения городских районов на ближайшие годы и должно лежать в основе долгосрочных стратегий и политических решений [13].

С ростом уровня развития городов возникает еще одна проблема, которая еще больше повышает важность обеспечения доступности: социальное неравенство. Растущее неравенство между отдельными социальными группами вызывает тревогу во всем мире. Развивающиеся страны сталкиваются с наиболее серьезными проблемами в этом отношении, поскольку 75% их населения сегодня сталкиваются с более высоким уровнем неравенства доходов, чем в 1990-х годах. Во многих развитых странах разрыв между богатыми и бедными (т. н. децильный коэффициент) также находится на самом высоком уровне за последние 30 лет: например, среди стран ОЭСР 10% богатейшего населения зарабатывают в 9,6 раза больше, чем 10% беднейших. В России (согласно данным Росстата) за 2 квартал 2022 года это соотношение составляет 15 (таблица 2.1). По имеющимся оценкам, когда значение децильного коэффициента превышает 10, это указывает на значительную социальную напряженность в обществе.

Таблица 2.1

Соотношение доходов 10% самых бедных и самых богатых граждан в России и других странах мира в 2022 году [14]

Страны мира	Соотношение доходов 10% самых богатых и 10% самых бедных
Швеция	6:1
Германия	7:1
Италия	9:1
Испания	10:1
Чехия	11:1
Румыния	13:1
Чили	14:1
Россия	15:1
Иран	16:1
Литва	18:1
Казахстан	22:1
Беларусь	25:1
Украина	32:1
Гондурас	38:1
Нигерия	42:1
Зимбабве	80:1

Неравенство доходов, как правило, приводит к «пространственному неравенству», когда домохозяйства с низким доходом зачастую располагаются в значительно более отдельных районах по сравнению с домохозяйствами с более высоким доходом. Сочетание характеристик земельных рынков, ограничительного или неэффективного зонирования территорий и соответствующей практики регулирования так же, как и социальная дис-

криминация, усугубляют это неравенство [15]. В целом, городские районы с большей доступностью имеют, как правило, более высокую стоимость земли, что подталкивает домохозяйства с низкими доходами к поиску доступного жилья в районах с более низкой доступностью территорий.

Стоимость 1 м² жилья в общем случае определяется рядом факторов:

- особенностями зданий (тип дома, возраст, наличие проведенного или запланированного ремонта, техническое состояние);
- районом (престижность, наличие объектов социальной и торговой инфраструктуры соответствующих ценовых диапазонов и др.);
- расположением объекта (вид из окон, наличие рядом зеленого парка или оживленного шоссе);
- наличием инфраструктуры (остановки/станции наземного и подземного транспорта, парковки, детские игровые площадки, школы, детские сады и др.);
- общим состоянием жилья (площадь, этаж, наличие ремонта и т. д.).

Хотя доступность мест притяжения может усугублять социальное неравенство в городах, она также может и предложить решения. Многие стратегии землепользования включают такие меры, как поддержка доступного жилья в районах с ограниченной доступностью или содействие росту числа рабочих мест в районах с хорошим обслуживанием, что может способствовать расширению возможностей для экономически неблагополучных слоев населения. Ценовая политика на транспорте может способствовать поездкам для тех, кто больше всего в них нуждается, в то время как последствия других видов транспортной политики, способствующих разрастанию городов и дорогостоящим поездкам на личном автотранспорте, могут быть снижены. В целом, то, как местные органы власти подходят к решению проблем доступности, имеет для местного населения далеко идущие последствия.

Новые подходы к городской транспортной политике должны быть направлены на оптимизацию доступа для всех людей, независимо от их демографических характеристик, обеспечение соответствия застроенной среды их потребностям и содействие развитию транспортной системы в соответствии с долгосрочным финансовым состоянием соответствующего городского района.

В России, начиная с 2008-2010 гг., наблюдается рост населения в крупнейших и крупных городах (в первую очередь, в ЦФО, СЗФО и ЮФО) при одновременном оттоке населения из малых городов (внутренняя миграция). Это происходит на фоне существующей внешней трудовой миграции в города.

На 1 января 2022 года население Российской Федерации насчитывало 145 478 097 человек, из которых чуть более 75% проживало в городах и поселках городского типа (городское население). В России насчитывается

1 117 городов и населенных пунктов, среди них:

- 15 городов с населением более 1 млн человек;
- 24 города с населением более 0,5 млн человек.

Население крупных и крупнейших городов России сейчас на 6,5 млн больше, чем в 2010 году. Города служат основным драйвером развития экономики страны и производят более 68% национального ВВП. В больших, крупных и крупнейших городах суммарно проживает 52% россиян и производятся 55% валового продукта. Количество рабочих мест в городах и поселках городского типа составляет более 80% от общего числа рабочих мест в стране («Бизнес-новости», 2020 г.).

Процесс урбанизации в Российской Федерации характеризуется рядом специфических особенностей:

- исчезновение многих сельских и городских поселений из-за вунтренней миграции и рост числа городов;

- формирование городских агломераций, которые становятся драйверами роста экономики российских регионов. Существует 6 агломераций с высокой степенью прироста населения (5,8-16,4% с 2012 по 2019 гг.) – Краснодар, Москва, Санкт-Петербург, Воронеж, Красноярск и Казань. На Востоке России такими драйверами роста экономики являются Новосибирская, Томская, Читинская и Владивостокская агломерации;

- наиболее активно заселяются две столичные агломерации – Московская и Санкт-Петербургская, а наибольший отток населения наблюдался в Республике Коми, в Республике Карелии, в Астраханской, Мурманской, Курганской, Кировской и Магаданской областях;

- типичной ситуацией для агломераций в России является рост центрального города мегаполиса, а также городов и поселков, расположенных в непосредственной близости от него (субурбанизация). В то же время в отдаленных населенных пунктах агломераций наблюдается отрицательная динамика роста;

- значительный рост столичной (Московской) агломерации. По мнению Мэра г. Москвы, в Московской агломерации на сегодняшний день уже проживает 30-35 млн человек (20-24% населения страны), включая близлежащие области, куда москвичи ездят отдыхать на лето и откуда местные жители приезжают работать в Москву.

Неравномерность экономического развития регионов, концентрация ресурсов, интеллектуального потенциала, финансовых потоков, мест приложения труда, учебных заведений, объектов культуры и социальной сферы в крупных городах приводит в России к росту внутренней миграции и дальнейшему росту крупных городов. Влияет на это и различие в уровнях экономического развития регионов, параметров уровня жизни в них. При этом часто темпы прироста населения пригородов оказываются выше, чем непосредственно в самих городах. В свою очередь, рост населения городов

и субурбанизация (рост и развитие пригородных зон) приводят к разрастанию территорий крупнейших городов и городских агломераций, росту протяженности транспортных корреспонденций, росту транспортного спроса населения и числа совершаемых поездок.

Во многих случаях в условиях роста населения городов/городских агломераций недостаточное развитие общественного пассажирского транспорта и недостаточное качество его услуг ведут к росту использования для поездок личных автомобилей. Одновременно во многих крупных городах и городских агломерациях непродуманная градостроительная политика властей и многочисленные нарушения, допускаемые застройщиками, зачастую сводят на нет все попытки местных органов власти решить существующие транспортные проблемы. «Точечная застройка» (в частности в рамках программ реновации жилого фонда) увеличивает плотность городского населения зачастую без должного обеспечения людей социальной, транспортной и прочей инфраструктурой, что ведет к дополнительному росту числа поездок, совершаемых в значительной степени с использованием личного автотранспорта. Ожидается, что к 2030 году число ежедневных поездок на работу в крупных городах может возрасти на 20-40%.

Продолжающаяся автомобилизация населения может рассматриваться в двух **аспектах**:

1. Рост числа автомобилей в собственности граждан («владение автомобилями»), который можно оценить количеством личных транспортных средств на 1000 жителей. Данный показатель определяет уровень насыщенности городских территорий личным автотранспортом и их занятость под размещение транспортных средств (в таблице 2.2 приведены усредненные данные по уровням автомобилизации в некоторых странах).

2. Рост среднегодового пробега личных автомобилей («использование автомобилей»), который можно оценить количеством авт.-км в год, приходящихся на 1 жителя. Подобный показатель, характеризующий фактические объемы движения автомобилей, определяет большинство факторов негативного воздействия автомобилизации на состояние окружающей среды, жизнь и здоровье граждан, качество жизни и функционирование городской экономики. Некоторые данные о динамике изменения использования легковых автомобилей в разных странах представлены на рисунке 2.2.

В Российской Федерации продолжается рост численности парка личных автомобилей. При этом остаются неизменными средние пробеги автотранспортных средств. Напротив, в ряде регионов Европы наблюдается противоположная тенденция, которая возникла благодаря усилиям местных властей и позиции гражданского общества, рассматривающих владение автомобилем и поездки на личном автомобиле (особенно на автомобилях, работающих на углеводородном топливе) в качестве основных барьеров на

пути к устойчивому развитию. На рисунке 2.3 (см. цветную вклейку) представлены фактические данные о протяженности ежедневных перемещений жителей в ряде европейских стран в период с 2008 по 2017 гг. (по данным А. Bleijenberg, 2020 г.). Эти данные показывают наметившуюся в странах с развитой автомобилизацией тенденцию снижения использования автотранспортных средств.

Таблица 2.2

Владение легковым автомобилем в разных странах мира (легковых автомобилей на 1000 жителей)

США	797	Швейцария	537	Белоруссия	324
Австралия	717	Франция	479	Россия	305
Италия	625	Великобритания	469	Бразилия	249
Япония	591	Болгария	443	ЮАР	159
Польша	571	Дания	429	Китай	114
Германия	555	Республика Корея	346	Индия	15

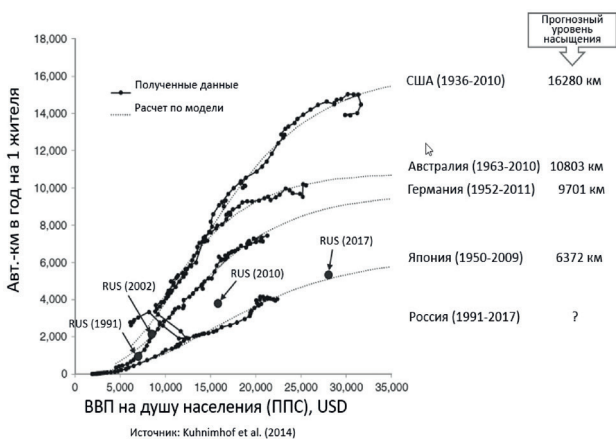


Рис. 2.2. Динамика изменения использования легковых автомобилей в ряде стран (в авт.-км на 1 жителя в год) (по данным Kuhnimhof at al, 2014 г.)

Контрольные вопросы:

1. Урбанизация и транспортные проблемы современных городов.
2. Два аспекта рассмотрения автомобилизации.

2.2. Негативные последствия автомобилизации

К негативным последствиям автомобилизации, связанным с ростом численности и суммарного пробега автотранспортных средств (в первую очередь, личного автотранспорта), относят [2]:

- рост числа и продолжительности транспортных заторов (задержки в доставке пассажиров и грузов), которые приводят к значительным ежегодным экономическим потерям, оцениваемым в разных странах в достаточно широком диапазоне;

- негативное воздействие автотранспорта на состояние окружающей среды и здоровье населения. Экологические последствия роста использования автотранспорта варьируются от ухудшения качества атмосферного воздуха на местном уровне до истощения природных ресурсов, фрагментации естественной среды обитания и усиления парникового эффекта в глобальном масштабе [2, 49, 50]:

- согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), загрязнение воздуха служит причиной 500 тысяч преждевременных смертей в год в Европейском регионе. Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта приводят к росту смертности и заболеваемости населения (ежегодный ущерб в размере как минимум 1-2% ВВП) (справочно – более 80% городского населения подвергается воздействию загрязнителей, превышающих нормы ВОЗ);

- автомобильный транспорт загрязняет атмосферный воздух и окружающую природную среду не только токсичными компонентами отработавших газов, но и парами топлива, продуктами износа шин и дорожных покрытий, тормозных накладок и т. д.;

- выбросы парниковых газов (на автотранспорт, эксплуатируемый в городах и городских агломерациях, по разным оценкам может приходиться от 10 до 15% общего объема выбросов парниковых газов от техногенных источников). При существующем сценарии развития событий к 2030 году доля связанных с транспортом выбросов углекислого газа может достичь 40% от общемирового объема.

- дорожно-транспортная аварийность (ежегодный ущерб оценивается в 1-2% ВВП);

- транспортный шум (этот фактор превратился в один из главных экологических рисков для физического и психического здоровья и благополучия людей). В Европейском Союзе от уровней транспортного шума, превышающих нормативные величины ВОЗ, страдает по меньшей мере 100 млн человек. В результате этого теряется по меньшей мере 1,6 млн лет здоровой жизни населения;

- некомпенсируемое пользователями разрушение автомобильных дорог (в России более 50% дорог не соответствуют нормативным требо-

ваниям. Потери бюджета вследствие этого оцениваются величиной до 6% ВВП в год);

- ухудшение качества городской среды за счет роста потребности в территориях для движения и паркования автомобилей (на массовую перевозку без заторов одного и того же количества людей при использовании автомобилей требуется в 4 раза больше площади улично-дорожной сети по сравнению с использованием автобусов и в 12 раз больше по сравнению с использованием трамваев);

- рост затрат на функционирование транспортных систем (массовый переход пассажиров с общественного на личный автотранспорт привёл к росту совокупных затрат, связанных с работой транспортных систем (прямых затрат и экстерналий)⁴).

Работа транспорта влечет за собой и целый ряд других негативных последствий, включая снижение физической активности людей и связанной с этим заболеваемости и смертности, воздействие транспортной инфраструктуры на природу, ландшафты и биоразнообразие. Но главные негативные последствия транспортной деятельности связаны в первую очередь с его воздействием на жизнь и здоровье людей, на их жизненные ресурсы (свободное время) и на ухудшение качества их жизни.

Темпы и эффективность решения перечисленных выше транспортных проблем остаются недостаточными и в мире, и в России. На фоне новых глобальных угроз (например, пандемии COVID-19) продолжают оставаться острыми и актуальными все связанные с автомобилизацией и с продолжающимся ростом использования личного автотранспорта проблемы.

Выбросы загрязняющих веществ и климатических газов от автотранспорта, дорожно-транспортная аварийность, транспортные задержки и другие негативные факторы определяются не столько численностью автомобильного парка и формальным уровнем автомобилизации, а в наибольшей степени структурой автомобильного парка (по типам, характеристикам пассивной и активной безопасности, видам используемого топлива, экологическим характеристикам и техническому состоянию, возрасту) и его использованием (суммарным пробегом, условиями и режимами движения транспортных потоков, квалификацией водителей и т. д.).

⁴ Экстерналия (externality), или внешний эффект, в экономической теории – воздействие рыночной транзакции на третьих лиц, неопосредованное рынком через цены, налоги, платежи и т. д.

2.2.1. Перегруженность улично-дорожных сетей (транспортные заторы) (материал подготовлен с использованием отдельных положений [17])

2.2.1.1. Транспортная перегруженность (заторы) как одна из серьезных проблем обеспечения устойчивости городских транспортных систем

В Европейском Союзе ежегодный экономический ущерб, связанный с задержками пассажиров и грузов вследствие транспортных заторов, оценивается в 100 млрд евро или более одного процента валового внутреннего продукта (ВВП) Европейского Союза [16]. Непроизводительные потери времени вследствие задержек, связанных с заторами в городах и в пределах городских агломераций, представляют важнейший экстернальный эффект транспортной деятельности. В таблице 2.3 приведена качественная структура прямых и косвенных последствий транспортных заторов [17].

Заторы являются последствием концентрации людей, их деятельности и экономической активности в городских районах, при этом такая концентрация сама по себе является знаком успешности других городских политик – экономической, социальной, культурной. Пустые города обычно не считаются успешными. Иллюстрацией этого является ситуация с дорожным движением в период ограничений, связанных с пандемией COVID-19, когда экономическая и прочая активность в городах замерла, а дороги стали свободными. Поэтому пустых дорог в процветающем городе быть не может.

Как отмечалось в [17], «динамичные, доступные, пригодные для жизни и привлекательные городские районы никогда не будут абсолютно свободны от заторов. Но поскольку чрезмерный уровень заторов оказывает негативное влияние на жителей и гостей городов, на городскую экономику, современная транспортная политика должна обеспечить экономически эффективное управление ими».

Физически заторы представляют из себя очереди автомобилей, более медленные скорости их движения и **увеличенное время в пути**, что влечет за собой дополнительные прямые расходы для экономики и населения. Заторы также имеют ряд косвенных воздействий, включая совокупное воздействие на окружающую среду и уровень потребления ресурсов, воздействие на качество жизни населения, стресс, безопасность движения, а также воздействие на других жителей, не пользующихся автотранспортными средствами, таких как пешеходы и владельцы недвижимости, расположенной вдоль дорог.

В России транспортные заторы остаются серьезнейшей проблемой во всех крупных городах (8 крупнейших российских городов вошли в ТОП 50 индекса INRIX в 2020 году и 7 – в 2021 году) (таблица 2.4).

Таблица 2.3

Качественная структура последствий воздействия заторов

Уровень воздействия		Воздействия, связанные с а/м	Воздействия, связанные с человеком							Воздействие на деловые поездки					
	Ноль	Воздействие заторов													
	Низкий	Увеличение расхода топлива	Увеличение техобслуживания а/м	Повреждения а/м (из-за роста аварий)	Гибель и ранения людей (из-за роста ДТП)	Увеличение загрязнения окр. среды	Увеличение шумового загрязнения	Стресс	Увеличение времени поездки (личной)	Недостаток пунктуальности	Надежность поездки (увеличение защищенного времени)	Увеличение времени в пути (товар)	Потеря полезности сотрудников		
	Средний														
	Высокий														
	Очень высокий														
Тип воздействия															
П	Прямое														
К	Косвенное														
*влияет только при условии использования личных автомобилей															
КТО ВЛИЯЕТ НА ЗАТОРЫ?	В транспортном потоке	ИТ	Водители автомобилей	П	П	П	П	П	П	П	П	П	П		
			Пассажиры автомобилей				П	П	П	П	П	П	П		
			Водители мотоциклов	П	П	П	П	П	П	П	П	П	П		
			Пассажиры мотоциклов				П	П	П	П	П	П	П		
		Немоторизованные пользователи (велосипед)		П	П	П	П	П	П	П	П	П			
		ОТ	Водители ОТ				П	П	П	П					
			Пассажиры ОТ				П	П	П	П	П	П	П		
			Водители такси		П*	П*	П	П	П	П					
			Пассажиры такси				П	П	П	П	П	П	П		
		Деловые поездки	Рабочие с ЗП				П	П	П	П					
	Рабочие с оплачиваемым проездом					П	П	П	П	П	П				
	Независимые работники		П	П	П	П	П	П	П	П	П	П	П*		
	Водители экстренных служб					П	П	П	П		П				
	Внешние воздействия	Личные поездки	Жители придорожной полосы					К	К	К		К			
			Пользователи тротуаров					К	К						
			Прочие жители города					К				К			
		Деловые поездки	Придорожная коммерция	К*	К*	К*						К		К	К*
			Придорожные офисы									К			К
Все предприятия за пределами области затора			К*	К*	К*						К		К*	К	
Категории для оценки заторов			Эксплуатационные затраты	Другие затраты (в большинстве случаев рассматриваются как внешние транспортные)						Стоимость потерянного времени					

Таблица 2.4

Уровень автомобилизации и уровень заторов в крупнейших российских городах в 2020 г. (данные INRIX, Росстат, Автостат)

№ в России согласно INRIX	№ в мире согласно INRIX	Город	Население, млн	Автомобилизация, л.а. на 1000 жителей	INRIX index**
1	1	Москва	12,69	300 (370*)	54%
2	9	Новосибирск	1,63	273	45%
3	12	Санкт-Петербург	5,40	312	44%
4	20	Самара	1,16	340	41%
5	28	Екатеринбург	1,48	312	36%
6	37	Ростов-на-Дону	1,14	286	34%
7	46	Челябинск	1,20	268	31%
8	50	Омск	1,15	287	31%
9	56	Нижний Новгород	1,25	320	30%
10	64	Казань	1,14	328	29%

* включая автомобили, которые эксплуатируются в городе, но зарегистрированы в других городах

** Индекс INRIX показывает среднее увеличение времени в пути по сравнению с ситуацией отсутствия заторов

До сих пор еще нет универсально применяемого определения того, что в точности представляет собой «затор». Как отмечалось, транспортные заторы являются одновременно:

- физическим явлением, связанным с тем, как транспортные средства препятствуют движению друг друга на УДС в результате повышения спроса на ограниченное пространство дороги до уровня, близкого к максимальной её емкости (пропускной способности);
- явлением субъективного характера, связанным с ожиданиями пользователей в отношении эффективности работы улично-дорожной системы.

Наиболее корректным определением затора можно признать следующее:

«Затор представляет ситуацию, при которой потребность пользователей в дорожном пространстве превышает имеющееся предложение» [17]. J.M. Dargay и P.B. Goodwin утверждали, что: «затор представляет взаимное сопротивление, возникающее вследствие взаимосвязи скорости и интенсивности движения, которое автомобили оказывают друг другу в условиях, когда использование транспортной системы приближается к ее пропускной способности» [18].

Это определение подчеркивает две определяющие черты перегруженных дорог. Первая состоит в том, что автомобили и, в частности, каждый вновь появившийся на дороге автомобиль, накладывают ограничения на

те автомобили, которые уже движутся по дороге. Затор таким образом возникает из-за дорожного движения (на данном отрезке дороги), но он и одновременно воздействует на то же самое дорожное движение. Вторая черта заключена в концепции «взаимосвязи скорости и интенсивности». Эта концепция в течение многих лет служила основой для понимания механизмов образования заторов и очередей и подкрепляла наиболее оперативные ответные действия на их возникновение.

Исходя из сказанного, городская транспортная политика должна строиться на основе понимания того, что заторы связаны как с изменением характера дорожного движения по мере приближения его интенсивности к физической пропускной способности участков УДС, так и с различием между ожиданиями участников дорожного движения в отношении производительности городской УДС и тем, как эта сеть работает в действительности. Транспортные системы должны способствовать быстрому и предсказуемому перемещению людей, транспортных средств и грузов. Перегруженность (затор), в свою очередь, не дает возможности осуществлять свободное, быстрое и предсказуемое движение на дороге. Однако преимущества, даваемые нам транспортной деятельностью, вытекают не из мобильности как таковой, а из того, что мобильность позволяет нам достичь.

Транспортная система создает важные выгоды за счет того доступа к конкретным людям, объектам, услугам, рабочим местам и новым рынкам, который она предоставляет отдельным лицам и компаниям. В данном случае это обуславливает важность оценки влияния заторов на доступность. Влияние заторов на мобильность, несмотря на его важность, должно быть рассмотрено в контексте того, совместимо ли оно с результатами в части обеспечения наилучшей всеобщей доступности. **Если принимается, что спрос на транспорт является производной от спроса на доступ к различным объектам тяготения, тогда должно также быть принято, что повышение мобильности и/или снижение заторов сами по себе не могут быть установлены в качестве независимых целей транспортной политики.** Эти стратегии должны быть связаны с политикой, которая призвана обеспечить большую доступность для людей и субъектов бизнеса.

Заторы влияют на скорость движения, но в некоторых обстоятельствах, таких как городские районы с плотной застройкой, заторы могут являться ожидаемыми и в некоторой степени приниматься как данность. В этих случаях в городах наблюдается определенный уровень заторов, но город продолжает относительно хорошо функционировать до тех пор, пока высок общий уровень транспортной доступности. В этом контексте сложно определить, каким образом заторы могут или должны быть ликвидированы в экономически оживленных городских районах. Нет никаких признаков того, что пользователи городских дорог ожидают возможности совершать поездки в часы «пик» в условиях отсутствия заторов (в условиях свобод-

ного движения). Даже если мы переключим все поездки с личного автотранспорта на общественный, мы получим новые «заторы», но на сей раз на общественном транспорте (что уже наблюдается на метро в крупнейших городах). Это не означает, что города не должны упреждающе и решительно бороться с растущим уровнем перегруженности транспортных сетей (заторов). Они должны это делать, особенно в тех случаях, когда перегруженность может быть связана с конкретными узкими местами в дорожном движении (случаями т. н. «бутылочного горлышка») при наличии доступных экономически эффективных мер. Тем не менее, в долгосрочной перспективе для политики в сфере транспорта важнее всего то, как можно управлять уровнем заторов на дорогах таким образом, чтобы выгоды, связанные с функционированием городской экономики и существованием городской агломерации, не были чрезмерно обесценены негативным воздействием перегруженности дорог. Вопрос, таким образом, состоит не в том, как принимаемые меры должны искоренить заторы, а в том, как власти могут наилучшим образом избежать **чрезмерных заторов**, потому что именно это лежит в основе политики управления заторами. Как же определить, что является «чрезмерной загруженностью/затором»? Лучшим способом является следующий: *«перегруженность дорог является чрезмерной и требуются действия по ее снижению в том случае, когда предельные (маржинальные) для общества издержки от заторов превышают предельные (маржинальные) затраты, связанные с их сокращением (например, путем развития дорожной или иной транспортной инфраструктуры)»* [19].

Измерение величины перегруженности УДС (уровня заторов) является необходимым шагом для достижения лучших результатов при управлении ею. Показатели должны быть нейтральными в том смысле, что они не должны содержать подразумеваемых целей мероприятий. В этом контексте *показатель «скорость свободного движения транспортного потока» не должен служить в качестве непосредственного эталона для измерения результатов политики управления заторами, поскольку такой подход косвенно предполагает, что в результате проводимых мероприятий должно быть обеспечено движение со скоростью свободного потока, что является недостижимой целью для трафика в часы «пик» в большинстве городов.* Скорости свободного потока могут быть использованы в качестве базисного технического показателя производительности транспортной системы, но лучшей альтернативой может быть использование средних скоростей или использование некоторого другого эталона или набора эталонных значений, таких как процент от максимальной допустимой скорости или различные диапазоны скоростей.

Очень важно учитывать, что заторы влияют не только на скорость движения и время сообщения, но и на стабильность (предсказуемость) условий движения и возможность планировать время поездки. Именно последнее

может вызывать наибольшую обеспокоенность у многих жителей и компаний. Таким образом, политика управления заторами должна отслеживать показатели надежности/стабильности времени поездок. Для этого может фиксироваться разница во времени в пути для определенного вида транспорта, маршрута и времени дня или сообщаться о величине «буферного времени», которое пользователи транспортной системы должны закладывать в свои временные графики поездок, чтобы завершить их вовремя [20]. Поскольку эти показатели надежности/стабильности дают представление о качестве условий поездки, они важны для лиц, определяющих политику по управлению заторами и стремящихся учитывать все аспекты последствий, связанных с ними.

2.2.1.2. Некоторые теоретические подходы к рассмотрению перегруженности улично-дорожных сетей (образованию заторов) и их причин [17]

2.2.1.2.1. Традиционный подход борьбы с заторами, связанный с обеспечением эффективной эксплуатации дорог

Традиционные подходы, используемые дорожными администрациями, как правило, сосредоточены на управлении дорожными системами в городских районах с тем, чтобы максимизировать способность существующей инфраструктуры справляться с текущим и ожидаемым будущим спросом на перевозки. Такие подходы хорошо приспособлены для выявления «узких мест» на улично-дорожной сети. Они направлены на минимизацию задержек в движении и связанных с ними последствий для населения, бизнеса и ресурсов, включая потерю личного и производственного времени, перерасход топлива и ухудшение качества атмосферного воздуха. Они позволяют администрациям выявлять места, где требуется принять меры для реагирования на фактические задержки, с которыми пользователи сталкиваются на регулярной основе.

На рисунке 2.4 [17] представлена классическая диаграмма «скорость-интенсивность» (т. н. фундаментальная (или основная) диаграмма транспортного потока), на которой выделены 4 возможных состояния транспортного потока и критическая зона начала образования затора. Существует много непосредственных причин возникновения перегруженности участков УДС (образования заторов). Можно выделить две основные группы причинных факторов: факторы микроуровня (например, те, которые относятся к движению по конкретной дороге, ее участку) и факторы макроуровня, которые относятся к общей работе транспортной системы города и общему спросу на использование дорог. Перегруженность обычно начинает возникать на

«микроуровне» (например, на конкретной дороге) и далее «раскачивается» до «макроуровня» за счет факторов, которые способствуют возникновению затора, повышению степени его тяжести и его распространению на другие смежные участки УДС. Это имеет важное значение для разрабатываемой политики, поскольку, хотя затор и происходит на дорогах, это не только (и не обязательно в первую очередь) инженерная проблема в области транспорта.

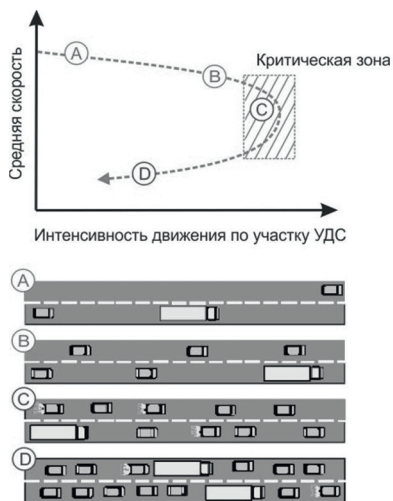


Рис. 2.4. Классическая диаграмма «скорость-интенсивность» (т. н. фундаментальная (или основная) диаграмма транспортного потока)

Заторы обычно разделяют на регулярные и разовые. **Регулярные заторы**, как правило, являются следствием факторов, действие которых регулярно или периодически повторяется в транспортной системе (таких как ежедневные поездки на работу или выезд за город в выходные). Когда дороги эксплуатируются на уровне максимальной пропускной способности или близком к нему, небольшие изменения в доступной для движения пропускной способности, обусловленные такими факторами, как различие в скоростях движения транспортных средств, смена полос участниками движения, циклы ускорения и замедления движения, могут вызвать внезапное переключение с непрерывного режима движения на режим движения с частыми остановками («stop-and-go»). Аналогично перекрестки с высоким уровнем загрузки могут быстро привести к росту очередей на них, распространение которых вверх по транспортному потоку может привести к образованию заторов на соседних участках УДС и перекрестках. **Разовый затор** – это результат неожиданных, незапланированных или крупных событий (например, дорожных работ, ДТП, работ уборочной техники, каких-то специаль-

ных событий и т. д.), которые более или менее случайным образом воздействуют на отдельные участки УДС и не могут быть простым образом предсказаны заранее. Доля разовых заторов является индивидуальной для конкретной дорожной сети и связана с наличием и эффективностью стратегий реагирования на чрезвычайные события (инциденты), соблюдением графика дорожных работ, преобладающих атмосферных условий (снег, дождь, туман и т. д.) и др.

Одной из ключевых взаимосвязей, которую следует учитывать лицам, определяющим политику в области управления заторами в городах, является взаимосвязь между высвобождением существующей пропускной способности (или вводом в действие новой пропускной способности) и последующим спросом на ее использование. Эта взаимосвязь влияет на то, насколько быстро заполняется новая доступная пропускная способность. В частности, имеются многочисленные свидетельства того, что новая пропускная способность действительно привлекает новые поездки по данной дороге. Это не обязательно плохо, так как жители могут совершать поездки по соответствующим маршрутам с такими затратами времени, которые иначе были бы невозможны. Однако с точки зрения разработки мероприятий по управлению заторами имеет значение вероятный фактический (латентный, скрытый – см. также раздел 3.5.2) спрос на поездки, а не существующий уровень спроса. *Воздействие такого индуцированного и/или перераспределенного дорожного движения не следует недооценивать не только при разработке проектов строительства дорог, но и при реализации мероприятий, практическим результатом которых является любое высвобождение существующей пропускной способности дорог.*

В таблице 2.5 представлены типичные группы показателей (индикаторов) заторов и пользователи, заинтересованные в их использовании. В таблице 2.6 представлен обзор конкретных показателей, которые могут использоваться для оценки ситуации с заторами по каждой из групп.

Таблица 2.5

Показатели, характеризующие уровень заторов: пользователи и степень их заинтересованности [17]

	Скорость	Интенсивность/ плотность	Задержка	Надежность/ изменчивость
Управляющие дорожной отраслью	✓✓✓	✓✓✓	✓	
Управляющие транспортными системами	✓	✓✓	✓✓✓	✓✓

	Скорость	Интенсивность/ плотность	Задержка	Надежность/ изменчивость
Пользователи дорог	✓✓		✓✓✓	✓✓✓
Избираемые представители органов власти	✓✓		✓✓✓	✓✓

Примечание: ✓ - низкая степень, ✓✓✓ - высокая степень заинтересованности

Таблица 2.6

Инвентаризация показателей для оценки перегруженности улично-дорожной сети (уровня заторов) [17]

Показатель	Описание	Примечание
1. Показатели, основанные на скорости		
Средняя скорость транспортного потока	Средняя скорость движения автомобилей на сети	Адекватно не фиксирует эффекты перегруженности
Средняя скорость в «часы пик»	Средняя скорость движения автомобилей в «часы пик»	Может служить в качестве критерия для мер в области повышения надежности, базирующихся на фактической средней или медианной скорости
2. Показатели, основанные на временных показателях или задержках		
Ежегодные суммарные часы транспортных задержек	Часы дополнительного времени поездки вследствие заторов	Все индикаторы, основанные на задержках, зависят от базового значения для расчета начала «задержки» поездки. Когда этот базовый уровень рассчитывается от скорости свободного движения, термин «задержка» становится обманчивым, поскольку весьма проблематично, чтобы участники дорожного движения на дорожной сети были бы способны достичь скоростей свободного движения в пиковые часы.
Ежегодные транспортные задержки на 1 жителя	Часы дополнительного времени поездки, деленные на население рассматриваемой территории	
Ежегодные транспортные задержки на 1 пользователя дорог	Часы дополнительного времени поездки, деленные на число пользователей дорог в пиковые периоды	
Среднее время поездки на работу	Среднее время поездки на работу	

Показатель	Описание	Примечание
Расчетное время поездки	Расчетное время поездки по участку дороги (часто используется в знаках с переменной информацией)	
Продолжительность затора	Оценивает продолжительность заторов в часы пик	
Задержка на 1 км дороги	Разница между эталонным временем поездки и временем поездки в «часы пик», отнесенная к 1 км дороги	См. выше
Индекс времени поездок в условиях затора	Процент поездок автомобиля или человека, которые имеют место в условиях заторов	
Индекс времени поездки	Отношение продолжительности пиковых периодов ко времени свободных условий движения, учитывающее как регулярно возникающие задержки, так и задержки из-за инцидентов (например, ДТП)	Использование «индекса времени поездки» и «коэффициента времени поездки» также зависит от базового уровня, сигнализирующего о начале возникновения затора, когда этот уровень основывается на скоростях свободного движения транспортного потока, сохраняются те же оговорки, что и для других индикаторов, основанных на «задержках»
Коэффициент времени поездки	Отношение продолжительности пиковых периодов ко времени свободных условий движения, учитывающее только регулярно возникающие задержки (обычные задержки из-за заторов)	
3. Пространственные показатели		
Суммарная протяженность полос движения, на которых наблюдаются заторы, мили/км	Количество мили/км протяженности полос движения, на которых в пиковые часы поездки совершаются в условиях заторов	Пространственные индикаторы также зависят от пороговых значений. Они могут основываться на обычно достигаемых медианных/средних значениях скоростей или на скоростях свободного движения (см. примечания выше)
Протяженность дорог, на которых наблюдаются заторы, мили/км	% протяженности дорог, на которых наблюдаются заторы в «часы пик»	
Индекс связанности дорожной сети	Показатель, который учитывает количество транспортных узлов и развязок на дорожной сети	Это индикатор потенциальных условий для образования заторов. Реализуется этот потенциал или нет зависит от большого количества других факторов

Показатель	Описание	Примечание
4. Показатели, построенные на интенсивности движения		
Уровень обслуживания дороги (УОД)	Интенсивность задержек, связанных с заторами, на конкретной дороге или на перекрестке, ранжированная от А (отсутствие затора) до F (исключительно перегружена, абсолютный затор)	Эти показатели обычно использовались специалистами, осуществляющими управление дорогами. Эти показатели обычно оперируют проектной пропускной способностью дороги и обычно в неявном виде использовались для того, чтобы максимизировать пропускную способность до проектного значения для рассматриваемого участка дороги
Показатель насыщения дороги движением	Отношение наблюдаемой интенсивности движения транспортного потока к проектной пропускной способности дороги	
5. Показатели надежности		
Буферный индекс	См. показатель планируемого времени ниже	Эти показатели пытаются зафиксировать то, как пользователи дорог обычно принимают решения о поездках по перегруженной дорожной сети – многие из них принимают во внимание важность для совершения поездок «вовремя», а не просто их совершения с высокими скоростями.
Показатель вариабельности (изменчивости) перегруженности дорожной сети	Показатель, имеющий отношение к изменчивости скорости поездки на дорожной сети	
Показатель планируемого времени	Показатель, который рассматривает буферное время, которое обеспечивает своевременное прибытие для 95% поездок по дорожной сети	
Среднее значение, отнесенное к дисперсии времени поездки	Величина среднеквадратического отклонения времени поездки по участку сети или по дорожной сети в целом для заданного периода времени	
Распределение времени поездок: значение процента	Величина разницы между 80 и 90% процентилем для распределения времени поездки и медианы или 50 процента	

Показатель	Описание	Примечание
6. Экономические показатели затрат/эффективности		
Ежегодные издержки, связанные с заторами	Дополнительные часы времени поездки (возникающие из-за поездок со скоростью ниже эталонной), умноженные на стоимость часа времени поездки, плюс цена дополнительно израсходованного топлива. Это монетизированные издержки, связанные с заторами.	Как было отмечено выше, выбор скорости «свободного движения» при попытке учесть «издержки, связанные с заторами», весьма проблематичен.
Текущие маргинальные внешние издержки, связанные с заторами	Дополнительные внешние издержки (не связанные с пользователями) для каждого дополнительного автомобиля/пользователя, выезжающего на дорожную сеть.	
Общие безвозвратные потери	Полная сумма общих потерь (издержки-выгода), возникающая для заданного уровня пользования/дорожного движения	
Средние безвозвратные потери на 1 автомобиль/км	Безвозвратные потери, деленные на число автомобилей/км, увеличивающих эти потери	
7. Другие показатели		
Тяжесть заторов	Подверженность населения перегруженным дорожным условиям (учет доступности и использования альтернатив)	
Избыточное топливо-потребление	Общее дополнительное топливо-потребление вследствие заторов	Установление точки отсчета для определения «дополнительного» топливо-потребления может быть проблематичным, если оно базируется на скоростях свободного движения.
Избыточное топливо-потребление на душу населения	Дополнительное топливо-потребление, деленное на численность населения рассматриваемого региона	
<i>Источник: Обзор ИТФ, VTPI (2005) и COMPETE (2006).</i>		

В то время, как многие эксперты соглашаются в том, что использование скоростей «свободного движения» в качестве базисного измерителя для определения уровней заторов (или перегруженности УДС) ведет к недостижимым результатам (особенно в том, что касается расчетов «стоимости» заторов), нахождение легких для понимания и использования альтернатив пока остается проблемой.

Другим путем обойти проблему непреднамеренного склонения политики в области управления заторами к обеспечению «свободных скоростей» поездки является выбор для использования в качестве базовой (пороговой) величины некоей скорости, отличной от скорости «свободного движения». Это могут быть законодательно установленные ограничения скоростей или некоторые примеры «нормальных» или «ожидаемых» скоростей поездки по определенным типам дорог.

Выбранные таким образом критерии могут более реалистично отразить отклонение от ожидаемых скоростей поездки, но затрудняют сравнение между собой различных регионов.

Один интересный подход используется Министерством Транспорта Квебека, Канада (Ministere des Transports du Quebec – MTQ), которое использует идею «порогов» приемлемости заторов. MTQ приводит доводы в пользу того, что пользователи обычно ожидают и принимают заторы в «часы пик» на своих обычных маршрутах поездок, но рассматривают эти заторы как «неприемлемые» тогда, когда они превосходят некий пороговый уровень. Для целей исследования, изучавшего воздействие заторов в регионе Большого Монреаля (Montreal Region), этот пороговый уровень был установлен на уровне 60% от установленного ограничения скорости (например, 60 км/ч для городских автомагистралей, где установлено ограничение скорости 100 км/ч, или 30 км/ч на т. н. «артерийных» городских дорогах, где установлено ограничение скорости 50 км/ч). Этот пороговый уровень был установлен также в недавнем исследовании, проведенном Канадским Федеральным правительством, ставившем целью изучить экономические потери, связанные с заторами в крупнейших городах страны. В исследовании использовались три пороговых значения (50%, 60% и 70% от скоростей «свободного движения»). Результаты исследования показали, что хотя эти «пороговые» диапазоны скорости дают индикативные значения затрат, связанных с заторами, все-таки отсутствует единое «приемлемое» пороговое значение для всех муниципалитетов и для рассматриваемой сети в целом. Местные пороговые значения зависят от локальных условий (количественно) и местного восприятия (качественно).

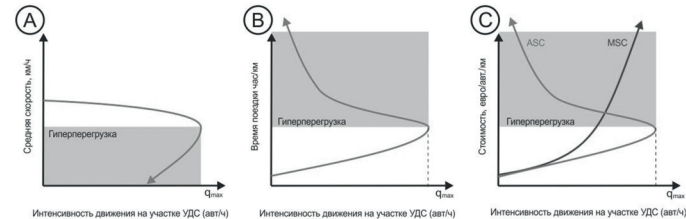
Источник: Transport Canada (2006).

2.2.1.2.2. «Упрощенный» подход к оценке заторов, основанный на рассмотрении средних общественных затрат/предельных затрат [17]

«Оптимальные подходы» к рассмотрению заторов учитывают спрос на дорожное пространство, а также предложение пропускной способности, и ищут «оптимальный» баланс между ними. Экономически оптимальные уровни заторов учитывают не только необходимые затраты на улучшение дорожной инфраструктуры, но и то, что люди готовы платить за пользование дорогой.

Экономически оптимальные объемы дорожного движения могут варьироваться в зависимости от уровней спроса на поездки и других внешних факторов, т. е. они не связаны исключительно с пропускной способностью рассматриваемой инфраструктуры, как это обычно понимают руководители и пользователи дорог.

Ранее экономисты при анализе заторов основывались большей частью на фундаментальной диаграмме транспортного потока, но затем преобразовали ее в функцию затрат (рисунок 2.5). Преобразовали скорость во время в пути (B), а затем распределили затраты по времени в пути в соответствии со значениями стоимости времени пользователя (C) для получения средних затрат (ASC), по крайней мере для «нормальной» (например, не сверхперегруженной) части кривой.



Источник: Button, K. in Santos, ed., Теория и доказательства ценообразования на дорогах, 2006, с. 6

Рис. 2.5. Перевод фундаментальной диаграммы «скорость-интенсивность» в функцию затрат

Добавив кривую спроса MSC к направленной вверх на неперегруженной части кривой ASC, экономисты получили упрощенное графическое представление заторов, проиллюстрированное на рис. 2.6, где условия движения транспортного потока в терминах скорости, интенсивности и плотности переведены в термины спроса/предложения. На рис. 2.6 (см. цветную вклейку) представлена частота использования участка дороги (в единицах легковых автомобилей в час) по горизонтальной оси и удельные затраты на использование дороги по вертикальной оси (в евро на авт. на км).

Кривые ASC и MSC показывают средние и предельные (маржинальные) затраты по мере увеличения интенсивности движения транспортных пото-

ков и в целом охватывают связанные со временем и эксплуатацией транспортных средств расходы, которые несут участники дорожного движения при совершении поездок. Современная экономическая литература предполагает, что эти средние «социальные» затраты для участников дорожного движения эквивалентны предельным частным затратам, с которыми сталкивается каждый водитель, выезжающий на дорогу, поскольку такой водитель не учитывает издержки заторов, которые он налагает на других. Это отражено на рис. 2.6 (см. цветную вклейку). Кривая спроса $D(q)$ представляет собой величину спроса на использование дороги в функции от удельной стоимости ее использования, выраженной в денежных единицах на транспортное средство на километр. Это отражает удельные эксплуатационные затраты на вождение, из которых наиболее важным элементом является стоимость времени, необходимого для преодоления одного километра.

Когда автомобилист находится один на дороге (т. е. когда $q=0$), эта стоимость равна J , что является эксплуатационными расходами на вождение (расходы на топливо, амортизацию, страховку, парковку) плюс затраты времени при скорости свободного потока. Когда на дороге больше транспортных средств (т. е. когда q увеличивается), скорость уменьшается, необходимое время увеличивается и $MPC(q)$ также увеличивается. Равновесие между этими кривыми спроса и предложения будет достигнуто в точке A , где кривые пересекаются при наличии X транспортных средств на дороге и при удельных затратах L . В этой точке равновесия каждый дополнительный новый водитель несет расходы на вождение, равные выгоде, которую он/она получает от использования дороги. При более высоких интенсивностях он/она будет нести расходы, превышающие полученную выгоду, поэтому новые пользователи не будут использовать дорогу. Однако это «естественное равновесие» является «субоптимальным» в экономическом смысле, как показано ниже.

Экономически «оптимальные» уровни заторов. Хотя точка «естественного равновесия» учитывает частные издержки, она не учитывает предельные общественные издержки, связанные с каждым дополнительным транспортным средством, появляющимся на дороге. Эти предельные общественные издержки будут включать временные задержки, накладываемые на других участников дорожного движения каждым новым транспортным средством, «въезжающим» в транспортный поток. Например, когда мы рассматриваем $MSC(q)$, кривую предельных общественных издержек, создаваемых транспортным средством, как функцию использования им дороги. Эти общественные издержки равны предельным частным издержкам $MPC(q)$ плюс затраты дополнительного времени, понесенные всеми другими транспортными средствами в связи с тем, что транспортное средство маргинального (нового, «предельного») пользователя находится на дороге. Это показано на диаграмме рис. 2.6 точкой C (см. цветную вклейку). Эко-

номисты делают вывод о том, что с точки зрения общества в целом «оптимальный» уровень интенсивности дорожного движения на рассматриваемом участке дороги характеризуется точкой В, где пересекаются кривые спроса и предельных общественных издержек. В этот момент на дороге присутствует Y транспортных средств, а удельные затраты равны M . Каждое дополнительное транспортное средство будет генерировать общественные затраты, большие, чем общественная выгода, которую он создает.

На основе этого упрощенного экономического описания и анализа можно сделать вывод о том, что для обеспечения «оптимального» уровня дорожного движения целесообразно ввести плату размером EB с тем, чтобы сократить разрыв между маргинальными (предельными) частными и маргинальными (предельными) общественными затратами (издержками) (рис. 2.6, см. цветную вклейку). Следует обратить внимание на то, что оптимальный размер такой платы существенно меньше, чем начальный (предварительный, до введения платы) уровень внешнего эффекта (AC на диаграмме), поскольку оплата приводит к смещению кривой спроса до точки, где разрыв между частными и общественными издержками намного меньше. Поступления от введения такой платы равны величине платы, умноженной на количество транспортных средств, проходящих через участок в случае оптимальных объемов движения. Важно отметить, что в основе таких транспортно-экономических подходов лежит то, что *оптимальные уровни загруженности учитывают не только стоимость предоставления пользователям дорожной инфраструктуры, но и то, что эти пользователи готовы платить за пользование дорогой (т. е. то, что выражается кривой спроса, экспериментально получаемой методами опроса).*

Теоретически в этом случае несложно определить оптимальную плату для участников дорожного движения на основе соотношения между предельными общественными издержками и спросом. Для этого нужно:

- знание частных издержек, выраженных количественно через потребление топлива, и время, затраченное водителем на дорогу, а также включение внешних издержек, выраженных через задержки и расходы, связанные с загрязнением окружающей среды, вызываемые появлением на дороге этого транспортного средства, дает оценки для точек А и С на диаграмме рисунка 2.6 (см. цветную вклейку);

- для того чтобы рассчитать оптимальную величину платежа (налога, сбора) EB , аналитикам необходима информация о том, как участники дорожного движения реагируют на введение того или иного налога или сбора, определяемого как эластичность или наклон кривой спроса;

- чтобы завершить работу, аналитикам также необходимо включить данные дорожного оператора о форме кривой «скорость-интенсивность» для рассматриваемого участка дороги, чтобы определить местоположение точки В, точки пересечения кривых маргинальных (предельных) обще-

ственных издержек и спроса и, следовательно, установить оптимальную цену.

Такие экономические подходы также отражают точку зрения, основанную на здравом смысле и говорящую о том, что заторы являются *относительным понятием*, т. е. что приемлемый уровень заторов варьируется в зависимости от уровня спроса на поездки. Экономические подходы определяют *затраты/издержки, связанные с заторами*, как экономические издержки, понесенные обществом, когда использование дорог превышает экономически оптимальную точку. В терминах рис. 2.6 эти издержки можно определить двумя альтернативными способами. Одним из них является определение площади области ВСА. Другой – это определение разницы между сальдо (разницы между доходами и затратами), ассоциируемого с точкой В, и сальдо, ассоциируемого с точкой А. Поэтому определение затрат, связанных с заторами, используемое экономистами, учитывает, как то, сколько будет стоить построить или расширить дорогу, так и то, сколько люди готовы заплатить, чтобы использовать эту дорогу в случае введения платы за проезд.

2.2.1.2.3. Описание пространственной и временной динамики возникновения заторов. Модель «узкого места» [17]

В целях лучшего учета динамики образования заторов, в частности последствий образования и рассасывания очередей, некоторые экономисты предлагали модели, основанные на анализе поведения транспортных потоков в «узких местах» улично-дорожной сети [17]. Кумулятивные диаграммы учета автомобилей, такие, как показаны на рис. 2.7 (см. цветную вклейку), часто используются для описания формирования и распада очередей, и они послужили основой для экономической оценки затрат, связанных с заторами.

Как показано на рис. 2.7А (см. цветную вклейку), предполагается, что транспортный поток устойчиво постоянно нарастает до точки, где прибытие транспортных средств в «узкое место» превосходит физическую пропускную способность дороги в этом «узком месте» (точка Е). Когда транспортный поток превышает этот уровень, движение автомобилей продолжает проходить через «узкое место» со скоростью прибытия $D(t)$, но «избыточное» движение формирует кумулятивное (суммарное) накопление очереди, которая будет рассеиваться только после того, как $A(t)$ (скорость прибытия автомобилей в конец очереди) вернется к уровню $D(t)$. Затраты, связанные с образованием очереди (выраженные в суммарных потерях времени пользователей), представлены на рис. 2.7В в виде треугольника EFG. Такой подход к рассмотрению образования затора позволяет аналитикам

понять воздействия и затраты, связанные с различными предпочтительными временами отправления (выезда) пользователей. Хотя важно понимать, что спецификация модели в значительной степени зависит от конкретных точек притяжения массовых поездок (например, 9:00 – время начала работы). В этом контексте модель представляет собой удобный подход к пониманию некоторых связей между надежностью поездок и различным временем отправления пользователей. Подобные модели «узких мест» позволяют экономистам искать компромисс между выбором различных сроков массового отправления пользователей и затратами, связанными с ними. Используя этот подход, они могут оценить относительные затраты пользователей при более раннем выезде (более раннее прохождение через «узкое место» или ряд «узких мест», например, до того, как их пропускная способность будет превышена и сформируются очереди), выезде в такое время, когда пользователи с большой долей вероятности столкнутся с очередями (и понесут расходы на задержку), выезде после того, как очереди рассеялись, или при отказе от поездки вообще. Этот подход позволяет учитывать ряд вопросов, которые имеют важное значение для пользователей дорог, но недостаточно хорошо отражены в рассмотренном ранее упрощенном подходе, основанном на рассмотрении классической взаимосвязи «скорость-интенсивность». В частности, модели «узких мест» позволяют аналитикам учитывать издержки, связанные с несоблюдением графиков поездки, что имеет фундаментальное значение при попытке оценить надежность работы транспортной системы.

Несоблюдение графиков поездки неоднократно определялось в литературе как важная потребительская затрата. Исследования подтвердили, что пользователи дают гораздо более высокую оценку минуте позднего прибытия к месту назначения по сравнению с ранним. Действительно, ранние прибытия по сравнению с поздними, как правило, учитываются по-разному в моделях планирования поездок по маршрутам, как показано на рис. 2.8.



Источник: ЕСМТ, 2007

Рис. 2.8. Стоимость несоблюдения графика: раннее прибытие по сравнению с поздним

Затраты на поездку, которые могут быть учтены в модели «узких мест», включают:

- постоянные расходы, понесенные пользователем (топливо и техническое обслуживание автомобиля/амортизация);
- затраты, связанные с выбросами в заторах при поездках; стоимость «задержки» поездки из-за очередей (часто свободное время в пути минус фактическое время в пути, умноженное на процент от ставки заработной платы, чтобы отразить «стоимость времени»);
- стоимость несоблюдения графика (раннее или позднее прибытие в место назначения) и стоимость изменения графика, вызванного этим несоблюдением.

Важно отметить, что, в отличие от представленной на рисунке 2.8 схемы, очереди в реальности не являются одномерными – они занимают пространство, через которое транспортным средствам приходится проезжать до достижения непосредственно «узкого места», даже если, например, реальное прибытие автомобилей было ниже наклона кривой прибытия s и очереди не было. Автомобили и в очереди передвигаются вперед, но со сниженной скоростью. По этой причине при оценке последствий заторов необходимо не путать время, проведенное в очереди, с общей задержкой (поскольку даже при отсутствии заторов транспортные средства потратили бы некоторое время на покрытие пространства, занятого очередью) и учитывать физическую длину очередей, чтобы не переоценивать потери времени в пути.

2.2.1.3. Некоторые выводы, касающиеся перегруженностилично-дорожных сетей

1. Важно отметить, что использование *альтернативных друг другу подходов к рассмотрению заторов (традиционного и экономического)* скорее всего будет приводить к различным допустимым по условиям загруженности дороги уровням дорожного движения, т. е.:

- там, где спрос на движение автотранспорта высок, «естественные равновесные» уровни дорожного движения, связанные с традиционным рассмотрением характеристик транспортного потока (соотношения интенсивности движения и максимальной пропускной способности дороги), скорее всего, будут характеризоваться высокой частотой хронических заторов, ненадежностью и движением с частыми остановками;
- экономически оптимальные уровни дорожного движения будут ниже, чем «естественные равновесные» уровни движения. Вероятно, они будут характеризоваться меньшими допустимыми интенсивностями дви-

жения и более приемлемыми условиями проезда, которые позволят избежать хронических заторов с частыми остановками.

2. В настоящее время большинство органов управления транспортными системами при решении проблем снижения уровня заторов и повышения эффективности использования улично-дорожной инфраструктуры *использует традиционные подходы*, основанные на создании условий для максимизации пропускаемых транспортных потоков. Экономические подходы к рассмотрению перегруженности УДС (возникновению заторов) применяются в ограниченном числе ситуаций, связанных, в первую очередь, с введением т. н. «платы за заторы» (платности пользования инфраструктурой). В большинстве развитых стран интерес к подобным ценовым подходам возрастает. При рассмотрении опыта их применения в различных странах было отмечено, что многие люди готовы платить за возможность двигаться без заторов, а не «платить» своим временем за стояние в них.

3. Анализ показывает, что интенсивность дорожного движения ниже уровня «естественного равновесия» (или «максимальной пропускной способности»), определенного на основе фундаментальной диаграммы транспортного потока, с большей вероятностью будет максимизировать благосостояние населения, поскольку такой ее уровень будет учитывать дополнительные расходы, которые налагает увеличение уровней использования дорог на других пользователей. Этот вывод обеспечивает концептуальную поддержку мер по уменьшению заторов на дорогах, которые:

- улучшают условия дорожного движения путем взимания платы с новых пользователей за дополнительные расходы, которые они налагают на других участников дорожного движения своим въездом на дорогу или иным образом;

либо

- принимают другие альтернативные меры для достижения более низких интенсивностей движения на дорогах по сравнению с теми, которые получены при подходе, основанном на «естественном равновесии» (или «максимальной пропускной способности»).

4. Экономические подходы определяют затраты, связанные с заторами, как экономические издержки, понесенные обществом в случае, когда использование дорог превышает экономически оптимальную точку. При использовании традиционного подхода оценка общих затрат, связанных с заторами, часто основывается на «задержке», обусловленной поездкой при скоростях движения, меньших, чем скорость «свободного» движения транспортного потока. Такие оценки некорректны и мало полезны, поскольку они представляют собой искусственную конструкцию. Дорожные системы не могут быть построены так, чтобы обеспечить скорость «свободного» движения транспортного потока 24 часа в сутки, 7 дней в неделю и 52 недели в году в крупных, динамичных и растущих городских районах (в

противном случае, эффективность их использования будет крайне низкой, если не нулевой!). Поэтому такую отправную точку не следует использовать для общей оценки затрат, связанных с заторами. Однако эта отправная точка (база оценки) может использоваться для отслеживания относительных изменений «общих» оценок затрат при сопоставлении эффективности различных решений по снижению заторов.

5. При оценке эффективности возможных мер и решений по снижению заторов и смягчению их последствий основной результат, как правило, обусловлен экономией времени в пути. Однако при оценке масштабов экономии времени необходимо уделять внимание неоднородности значений стоимости времени, затрачиваемого различными категориями участников движения в зависимости от целей их поездки, той роли, которую малая и большая экономия времени в пути играют в окончательном расчете выгод и затрат.

6. Учитывая важность для участников дорожного движения такого фактора, как «надежность времени в пути», следует должным образом учитывать его стоимостную ценность при оценке вариантов и определении приоритетов мер. Согласно исследованиям, многие пользователи высоко ценят надежность времени в пути, в некоторых случаях даже более высоко, чем среднее время в пути.

7. Политика, направленная на устранение последствий заторов, должна также учитывать их косвенные последствия в дополнение к некоторым прямым последствиям, упомянутым выше. Эти косвенные воздействия включают воздействие на региональную и деловую производительность, воздействие на окружающую среду, здоровье и безопасность движения.

8. Устранение «микрофакторов», обуславливающих образование заторов, как правило, связано с применением традиционных транспортных и дорожных оперативных мер, в то время как устранение «макрофакторов», определяющих возникновение заторов, подразумевает под собой гораздо более широкий набор инструментов и решений в таких сферах, как:

- управление землепользованием;
- воздействие на модели транспортного поведения людей и их активности;
- учет временных закономерностей формирования транспортного спроса;
- формирование культуры поведения в сфере мобильности;
- управление экономическим развитием территорий;
- внедрение экономических инструментов регулирования мобильности.

2.2.2. Дорожно-транспортная аварийность

В мире на города ежегодно приходится более половины из 1,25 миллионов смертей в результате дорожно-транспортных происшествий. Дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной смертности среди молодых людей в возрасте от 5 до 29 лет, что обходится правительствам примерно в три процента ВВП. Примерно каждая четвертая жертва дорожно-транспортного происшествия – пешеход или велосипедист [21].

Динамика снижения в России показателя социального риска (число погибших в ДТП на 100 тыс. жителей) за последние 20 лет представлена на рисунке 2.9.

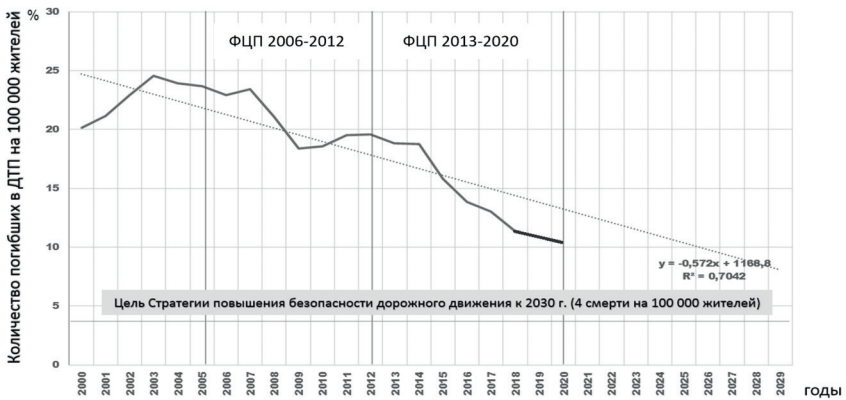


Рис. 2.9. Динамика изменения показателя социального риска в России в 2000-2020 гг.

На изменение данного показателя в Российской Федерации за последние годы безусловно повлияла реализация мероприятий Федеральных целевых программ «Повышение безопасности дорожного движения» (в 2006-2012 гг. и в 2013-2020 гг.).

Сравнение изменения числа погибших в ДТП за период с 2007 по 2017 гг. показывает, что Россия по динамике изменения данного показателя занимает среднее положение в ряду Европейских стран (таблица 2.7). В то же время следует отметить, что абсолютные значения показателя социального риска остаются в нашей стране еще достаточно высокими (11 погибших на 100 000 жителей, что в 2-3 раза выше, чем в большинстве европейских стран!) (таблица 2.8).

Представленные на рисунке 2.8 данные свидетельствуют о явном замедлении динамики снижения показателя социального риска в 2018-2020 гг., что, в свою очередь, со всей очевидностью говорит об исчерпании воз-

возможностей дальнейшего сокращения аварийности за счет использования **традиционных подходов** к решению проблемы повышения БДД.

Таблица 2.7

Процент сокращения числа погибших в ДТП за период 2007-2017 гг.

№	Страна	Процент снижения
1	Эстония	-76
2	Литва	-74
3	Латвия	-68
4	Словения	-65
5	Украина	-63
6	Словакия	-62
7	Беларусь	-61
8	Дания	-57
9	Греция	-55
10	Норвегия	-55
	
	Россия	-43

Источник: «Statistic of Road Traffic Accidents in Europe and North America», Volume LV, 2019, UN ECE

Таблица 2.8

Показатель социального риска в ряде государств в 2019 г.

№	Государство	Показатель социального риска, погибших на 100 тыс. населения
1	Бельгия	5,4
2	Болгария	9,0
3	Хорватия	7,3
4	Чешская Республика	5,8
5	Дания	3,4
6	Финляндия	3,8
7	Франция	5,0
8	Германия	3,7
9	Греция	6,5
10	Венгрия	6,2
11	Италия	5,2
12	Нидерланды	3,8

№	Государство	Показатель социального риска, погибших на 100 тыс. населения
13	Норвегия	2,0
14	Польша	7,7
15	Россия	11,6
16	Испания	3,7
17	Швеция	2,2
18	Швейцария	2,2
19	Великобритания	2,9
20	США	12,4
21	Япония	4,1
22	Китай	18,8
23	Ю. Корея	6,5

Источник: «Road deaths in the European Union» ETSC. 21.06.20

Смертность в ДТП является показателем работы транспортной системы, зависящим от целого ряда факторов и процессов. Сложившаяся многолетняя практика признания водителя в большинстве случаев виновным в совершении ДТП привела к определенному «обвинительно-карательному» перекосу во всей государственной политике в области обеспечения безопасности дорожного движения (БДД).

Не отрицая важности контроля, надзора и правоприменения в рассматриваемой сфере, следует отметить, что все страны, добившиеся заметных успехов в снижении аварийности и тяжести её последствий, исповедуют несколько иной подход к формированию политики в сфере обеспечения БДД.

Основы такого подхода были сформулированы Международным Транспортным Форумом (МТФ) на базе передового опыта таких стран с низким уровнем аварийности, как Нидерланды, Швеция, Новая Зеландия, Австралия, Франция, Германия и других. Он получил название «Safe System Approach» – концепция «безопасных систем» [22]. В рамках этой концепции генеральная политическая цель («видение») в сфере БДД определяется рядом общественных ценностей, сформулированных следующим образом:

- никто не должен погибать или получать серьезное ранение в ДТП («Vision Zero», «Towards Zero», «Beyond Zero»);
- должна быть обеспечена защита наиболее «уязвимых» участников дорожного движения (дети, пешеходы, велосипедисты);
- должен быть обеспечен требуемый уровень обеспечения мобильности в рамках границ, определенных требованиями безопасности функционирования транспортной системы.

Основные идеи, положенные в основу концепции «безопасных (авто-

транспортных) систем», могут быть сформулированы следующим образом [23, 24, 25, 28]:

- люди могут совершать ошибки и, в связи с этим, некоторые ДТП неизбежны (т. е. есть существенное принципиальное различие между ошибкой водителя и преднамеренным нарушением им Правил дорожного движения!);
- люди уязвимы в ДТП, скорость движения автомобиля оказывает решающее влияние на тяжесть последствий ДТП;
- необходимо разделять ответственность за аварийность и тяжесть её последствий между теми, кто проектирует автодорожные системы и управляет ими*, а также теми, кто пользуется дорогами;
- необходимо совершенствовать все элементы транспортных систем (автомобили, систему организации дорожного движения (в частности, скоростные режимы!), дороги и их обустройство, поведение водителей и других пользователей дорог и т. д.) с тем, чтобы они с точки зрения безопасности «страховали отказы» друг друга и обеспечивали таким образом общее повышение надежности транспортной системы. Как отмечал в своих работах и выступлениях ведущий нидерландский эксперт в области безопасности дорожного движения F. Wegman [24, 26, 27, 28, 29], такой подход имеет ряд принципиальных отличий от практикуемых традиционных (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Различие традиционного подхода к обеспечению БДД и Концепции безопасных автодорожных систем («Safe System Approach»)

Вопрос	Традиционный подход	Safe System Approach
В чем проблема?	Постараться предупредить все ДТП	Предотвратить ДТП с погибшими и тяжелоранеными
В чем соответствующая цель?	Снизить число погибших и раненых	«Нулевое» число погибших и тяжелораненых (политическая цель)
Какие основные подходы к планированию?	Реагирование на совершение ДТП Постепенное решение проблемы БДД	<ul style="list-style-type: none"> ○ Упреждение ДТП, снижение риска угроз; ○ Системный подход к построению безопасной автодорожной системы

* Проектировщики дорог, организаторы дорожного движения, руководители местных органов власти, инспектора контрольно-надзорных органов, дорожно-эксплуатационные службы, руководители и владельцы транспортных компаний, политики, чиновники и т. д.

** Надо отметить, что ряд из этих принципов так или иначе давно известен в нашей стране по трудам таких ученых, как Г.И.Кликовштейн, Ю.А.Кременец, М.Б.Афанасьев и др., но далеко не всегда реализуется на практике.

Вопрос	Традиционный подход	Safe System Approach
Что является источником проблемы?	Нарушители правил и требований БДД	<ul style="list-style-type: none"> ○ Люди могут совершать ошибки; ○ Люди физически уязвимы (беззащитны в ДТП); ○ Изменение качества и дизайна инфраструктуры, управление скоростью влияют на безопасное поведение пользователей дорог
Кто в конечном счете ответственен?	Отдельные пользователи	Разделение ответственности между пользователями и «проектировщиками системы»
Как работает система обеспечения БДД?	Состоит из отдельных мероприятий	<ul style="list-style-type: none"> ○ Комбинируются различные меры и мероприятия в рамках «SSA» для получения суммарного эффекта, превышающего сумму эффектов отдельных мероприятий; ○ Резервирование надежности элементов системы (если один элемент дает «сбой» - система его компенсирует)

Нидерландский институт SWOV сформулировал следующие ключевые принципы создания «безопасных (автотранспортных) систем»**:

- **функциональность** – четкая функциональная классификация городских дорог, увязка организации дорожного движения и допускаемых скоростных режимов с установленными классами городских дорог;

- **однородность** – разделение участников дорожного движения в пространстве и времени в зависимости от их массы, скорости, габаритов и др.;

- **предсказуемость** – проектирование дорожной среды (среды движения) так, чтобы обеспечивалась предсказуемость возникающих дорожно-транспортных ситуаций, что должно помогать водителям и другим участникам дорожного движения «читать» дорогу и избегать ошибок;

- **«прощение ошибок»** – если ошибку участника дорожного движения и ДТП в её результате избежать не удаётся, необходимо избежать серьезных последствий ДТП – убрать возможные препятствия на обочинах, обеспечить «пассивную безопасность» дороги и элементов её обустройства, учесть особенности поведения водителей и других участников дорожного движения и др.;

- **осознание участниками дорожного движения рисков**, связанных с вождением автомобиля (в частности программы обучения, адаптированные под конкретные группы пользователей).

Одним из важнейших принципов создания «безопасных автотранспортных систем» является признание и учет приоритета жизни человека и его уязвимости в дорожном движении – «человек, как мера вещей» (SWOV, Нидерланды):

- дорожная система должна быть спроектирована исходя из ожидания совершения участниками дорожного движения ошибок и нейтрализации последствий таких ошибок, в силу того, что их наличие, приводящее к ДТП, неизбежно;

- при возникновении ДТП необходимо обеспечивать такие условия взаимодействия между автомобилем – дорогой – телом человека, при которых вероятность серьезных ранений если не исключается полностью, то минимальна. Ключевую роль при этом играет скорость автомобиля.

Исследования показали, что вероятность гибели в ДТП напрямую зависит от скорости столкновения. В табл. 2.10 приведены данные о вероятности гибели человека в различных видах ДТП в зависимости от скорости автомобиля по данным университета Monash (Новая Зеландия) [30]. В Российской Федерации реализация принципов концепции «безопасных (автотранспортных) систем» потребует изменения стратегических приоритетов политики в данной сфере. Очевидно, что попытка решить поставленную Президентом задачу снижения смертности в ДТП [31] и выйти на норматив менее 4 погибших в ДТП на 100 000 жителей населения к 2030 году путем простых и быстрых традиционных решений отдельных проблем («нетрезвое» вождение, наезды на пешеходов, встречные столкновения) не даст необходимого результата.

Таблица 2.10

Вероятность смерти в ДТП при разных скоростях

Тип ДТП	Вероятность смерти в ДТП, %		
	10	30	50
Наезд на пешехода	30 км/ч	40 км/ч	45 км/ч
Водитель автомобиля в боковом столкновении	50 км/ч	65 км/ч	75 км/ч
Водитель автомобиля при лобовом столкновении с другим автомобилем	70 км/ч	95 км/ч	105 км/ч

Необходимы, как было отмечено выше, комплексные подходы и долгосрочная постоянная деятельность в данном направлении. Очевидно, что проблему повышения безопасности движения нужно встраивать в общий контекст формирования т. н. «устойчивой транспортной политики» (рассматривается в разделе 2.3). Что же необходимо сделать в Российской Федерации для реализации на практике идей концепции «безопасных (авто-

транспортных) систем»)?

С точки зрения системы управления БДД необходимо:

- установить ответственность органов власти различного уровня, руководителей строительных компаний и организаторов дорожного движения за создание безопасных условий движения, за создание среды и условий движения, «прощающих» ошибки водителей;
- широко внедрить различные элементы управления скоростью, как основного фактора, влияющего на вероятность и тяжесть ДТП;
- обеспечить объективное и равное для всех правоприменение на основе использования современных технологий;
- обеспечить приоритетность мер по защите наиболее уязвимых участников дорожного движения – детей, пешеходов, велосипедистов;
- ввести балльность оценки нарушений и учет их повторности;
- ввести практику направления водителей, систематически нарушающих ПДД, на переподготовку, как форму повышения их ответственности за нарушения ПДД;
- установить целевые нормативы снижения числа погибших в ДТП на период до 2030 года на федеральном, региональном и местном уровне. Сделать их достижение обязательной задачей соответствующих органов власти. Публиковать соответствующие рейтинги губернаторов;
- определить состав функций, реализуемых государством в сфере БДД на различных уровнях управления, распределить их по соответствующим органам власти, установить конкретных исполнителей и соответствующие KPIs и ответственность за их неисполнение;
- четко определить механизмы и регламенты межведомственной координации и взаимодействия в сфере БДД;
- установить функции субъектов РФ по координации деятельности в сфере БДД органов местного самоуправления, общественных объединений, бизнеса и т. д., создать для этого специальные органы в структуре органов исполнительной власти (ОИВ);
- определить функции, которые целесообразно передать общественным, экспертным организациям, бизнесу, с установлением их ответственности за невыполнение этих функций;
- обеспечить эффективную информационную поддержку принятия решений в сфере БДД на всех уровнях управления за счет:
 - создания единой базы данных о ДТП и пострадавших в них, доступной для научного и экспертного сообщества (на основе материалов первичного учета и результатов расследований ДТП, данных медицинских учреждений, страховых компаний, а также данных о нарушениях ПДД);
 - проведения широких научных исследований, причин и обстоятельств ДТП; рисков, связанных с действиями водителей в различных дорожно-транспортных ситуациях;

- обеспечить необходимые объёмы подготовки кадров высшей квалификации в сфере обеспечения БДД и ОДД.

Кроме этого, для реализации концепции «безопасных (автотранспортных) систем» необходимы:

- четкая регламентация и закрепление в нормативных правовых документах требований обеспечения БДД при разработке документов транспортного планирования (ПКРТИ, КСОДД, КСОТ, ПОДы);

- обязательность экспертизы и согласования (с органами ГИБДД) документов транспортного планирования с точки зрения учета в них требований обеспечения БДД;

- установление ответственности местных органов власти, компаний-разработчиков документов транспортного планирования за несоблюдение требований, повлекшее увеличение риска ДТП;

- обязательность проведения аудита безопасности дорог и городских улиц;

- выявление факторов, определяющих высокий риск ДТП;

- включение показателей БДД в процедуры оценки градостроительных и транспортных планов;

- четкая функциональная классификация автомобильных дорог и улиц и привязка к ней мер и решений в сфере организации дорожного движения (в первую очередь, ограничений скорости). Кроме этого, порог «не штрафуемого» превышения скорости должен задаваться в зависимости от величины установленного ограничения скорости.

2.2.3. Загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом

2.2.3.1. Общая информация о влиянии автотранспорта на состояние атмосферного воздуха

Согласно данным ВОЗ, по причине выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ежегодно **преждевременно** умирает около 7 миллионов человек. Транспорт является крупнейшим загрязнителем атмосферного воздуха в городах России. Если в среднем по стране доля транспорта в загрязнении атмосферного воздуха различными техногенными источниками составляет 43-45%, то в городах их доля доходит до 75-80%, а в центральных частях крупнейших городов превышает 90%. Подавляющий объем этих выбросов (более 90%) приходится на передвижные источники – автотранспортные средства (далее – АТС) (https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/nmV0UuE3/Ochrana_2020.pdf).

Снижение негативного воздействия автомобильного транспорта на

окружающую среду и здоровье населения до минимального уровня является одним из основных условий, связанных с понятием «устойчивого развития транспорта».

Продолжающееся в Российской Федерации загрязнение автотранспортом атмосферного воздуха (в первую очередь, супердисперсными твердыми частицами, оксидами азота, сложными полиароматическими углеводородами) приводит к дальнейшему росту заболеваемости и преждевременной смертности среди населения, которая уже существенно превышает аналогичные показатели вследствие дорожно-транспортной аварийности. На рисунке 2.10 (см. цветную вклейку) представлены данные о вкладе транспортных загрязнений воздуха в смертность от ряда хронических заболеваний в крупных европейских городах.

Одновременно исследования показывают, что существует связь между загрязнением окружающей среды и распространением коронавируса и других вирусных заболеваний. Итальянскими учеными из университетов гг. Болонья, Бари, Милана и Триеста была установлена взаимосвязь между превышением европейских норм концентрации PM10 и PM2,5 в атмосферном воздухе и числом случаев заражения COVID-19. Твердые частицы являются транспортерами для многих химических и биологических загрязнителей, включая вирусы. Ученые из США показали, что увеличение концентрации PM2,5 только на 1 микрограмм на м³ ассоциируется с 15% увеличением показателя смертности от COVID-19.

По оценкам, приводившимся в докладе бывшего Генерального Секретаря ОЭСР г-на Анхеля Гурриа (2014 г.), ущерб, связанный с загрязнением воздуха и его воздействием на здоровье населения, составлял в развитых экономиках, Китае и Индии, в совокупности около 3,5 триллионов долларов в год. В странах ОЭСР половина выбросов загрязняющих веществ в атмосферу связана с работой автотранспорта. Характерной особенностью автотранспорта по сравнению с другими источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является то, что выхлопные газы автотранспортными средствами выбрасываются в атмосферу в приземном слое, что затрудняет их рассеивание.

Эти выбросы происходят также непосредственно вблизи расположения органов дыхания людей, находящихся вблизи проезжей части дороги. При этом водители и пассажиры легковых автомобилей подвергаются даже большему негативному воздействию, чем пешеходы. В соответствии с Указом Президента РФ от 19.04.2017 № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» одним из механизмов реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности является применение системы сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для территорий (их частей) городов и иных населенных пунктов с учетом расположенных на этих территориях

стационарных и передвижных источников загрязнения окружающей среды.

Необходимость проведения именно расчетных оценок выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от АТС, а не их прямых измерений, связана с мобильным характером этих источников выбросов, их высокой рассредоточенностью и плохой управляемостью. Расчет объемов выбросов ЗВ от АТС необходим для оценки экологической эффективности различных мер и мероприятий по совершенствованию работы транспортных систем, совершенствованию организации дорожного движения, реализации различных градостроительных проектов.

Выбросы загрязняющих веществ автотранспортом сильно зависят от скорости движения транспортных средств. Интенсивность движения транспортного потока и его состав также являются важными факторами, влияющими на суммарные выбросы ЗВ при движении транспортных потоков. На рис. 2.11 (см. цветную вклейку) представлена, в частности, зависимость удельных (в г/км) выбросов различных загрязняющих веществ и CO_2 от средней скорости движения транспортного потока (в составе потока 10% тяжелых грузовых автомобилей). Чтобы правильно оценить суммарные выбросы ЗВ и расход топлива на дорогах, необходимо в дополнение к средней скорости движения учитывать такие факторы, как преобладающий тип режима движения автомобилей (движение в режиме «трогание-остановка», остановки и ускорения, продолжительность движения в очереди, время движения с установившейся скоростью и т. д.) (рис. 2.12).

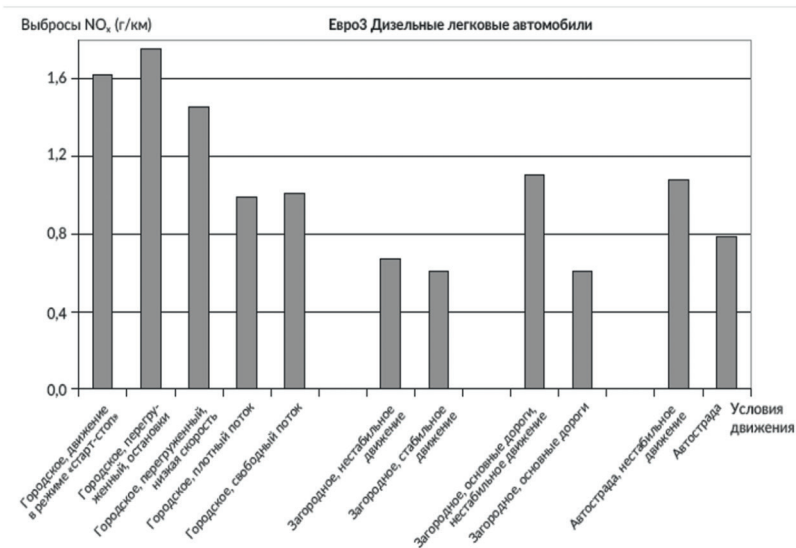


Рис. 2.12. Влияние режимов движения автомобилей на выбросы оксидов азота (Источник: Мишель Андре (INRETS))

Используемые для оценок объемов выбросов ЗВ от автотранспорта удельные выбросы ЗВ определяются на основе стандартных испытательных циклов изменения моделируемой скорости движения, которым подвергаются автомобили на специальных испытательных стендах (рис. 2.13). Для тяжелых автотранспортных средств испытаниям подвергаются типы устанавливаемых на них двигателей. Такие испытания также проводятся на специальных нагрузочных стендах, на которых моделируется изменение мощности и оборотов двигателя по специальным нагрузочным циклам.



Рис. 2.13. Сертификационные испытания автомобиля на стенде с беговыми барабанами

2.2.3.2. Экологические характеристики автотранспортных средств и проблемы обеспечения их установленного уровня в эксплуатации [32]

Автомобиль (как транспортное средство) является технической причиной большинства негативных последствий транспортной деятельности. Активная и пассивная безопасность автотранспортных средств, их экологические характеристики, весовые и габаритные параметры, топливная экономичность – вот перечень факторов, определяющих негативные последствия эксплуатации автомобилей. В условиях городов наиболее значимо воздействие автотранспорта на состояние окружающей среды (скорости движения в городах ограничены, и технический фактор конструкции автомобиля не является наиболее значимой причиной ДТП и тяжести их последствий; движение тяжелой автотранспортной техники в городах часто запрещено). Поскольку автомобили являются основным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в городах, существенно влияющим на обеспечение устойчивости городских транспортных систем, рассмотрим требования к экологическим характеристикам автотранспортных средств и

основные проблемы, связанные с обеспечением их экологической безопасности в эксплуатации.

2.2.3.2.1. Экологические характеристики автотранспортных средств. Конструктивные требования к выбросам автотранспортных средств

Автотранспортные средства выбрасывают в атмосферный воздух порядка 200 различных веществ, основными загрязнителями из которых являются: оксиды азота NO_x, суммарные углеводороды THC, неметановые углеводороды NMHC, монооксид углерода CO и твердые частицы PM. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденным решением комиссии Таможенного Союза Евразийского экономического сообщества от 09.12.2011 № 877 (далее – Технический регламент), экологический класс представляет классификационный код, характеризующий **конструкцию транспортного средства или двигателя внутреннего сгорания** в зависимости от уровня выбросов, а также уровня требований к системам бортовой диагностики.

Уровни выбросов и требования, обеспечивающие выполнение установленных уровней выбросов для различных экологических классов ТС и двигателей внутреннего сгорания в соответствии с Техническим регламентом, достаточно подробно рассмотрены в [33] и представлены в Приложении 1.

Российские нормы выбросов основаны на действующих Правилах ЕЭК ООН и стандартах Европейского Союза и применяются, как к производимым, так и к импортируемым автомобилям.

Сроки введения требований экологических стандартов в Российской Федерации представлены в таблицах 2.11 и 2.12.

Следует отметить существенное отставание России по срокам введения на ее территории экологических стандартов (этот разрыв уже составил 9 лет и, очевидно, еще более возрастет). Экологический класс входит в число определяющих характеристик автомобиля и в настоящее время закрепляется в сертификатах одобрения типа ТС (сводный сертификат), паспорте транспортного средства (ПТС) и свидетельстве о регистрации АТС. Экологический класс не может быть изменен в сторону понижения в процессе эксплуатации АТС [34]. Возможность понижения экологического класса в результате износов, отказов, неквалифицированного ремонта или умышленного вмешательства в конструкцию автомобиля должна исключаться с помощью соответствующих контрольных процедур и системы штрафных санкций.

Таблица 2.11

Требования к выбросам для транспортных средств малой грузоподъемности (легковые автомобили и легкие грузовики)

Требования к выбросам для транспортных средств малой грузоподъемности		
Дата		Требование
Новые типы	Все транспортные средства	
1999.01 ^a		Евро 1 (ECE R83.02)
2006.04		Евро 2 (ECE R83.03)
2008.01		Евро 3 (ECE R83.05, этап III)
2010.01	2014.01	Евро 4 (ECE R83.05, этап IV)
2014.01	2016.01	Евро 5

^a добровольное

Для того чтобы стандарты выбросов обеспечивали их фактическое сокращение, крайне важно использовать циклы испытаний, которые отражают реальные условия движения автомобилей. С точки зрения производителей автомобильной техники испытательные циклы служат для обеспечения однородности условий сертификационных испытаний моделей автотранспортных средств (двигателей) при одобрении их типа, и именно по ним производится оптимизация работы двигателей транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ. Однако, как показали исследования, действовавшие до недавнего времени, стандартные испытательные циклы (даже с учетом их проводившейся модификации в целях приближения к реальным условиям движения) не характеризовали типичные режимы движения при городских поездках и давали возможность для фальсификаций результатов испытаний.

Таблица 2.12

Требования к выбросам для двигателей большой мощности

Дата		Требование
Новые типы	Все транспортные средства	
1999 ^a		Евро 1 / Экологический класс 1 (ECE R49.02)
2006		Евро 2 / Экологический класс 2 (ECE R49.02, этап 2)
2008		Евро 3 / Экологический класс 3 (ECE R49.04-A)
2010	2013	Евро 4 / Экологический класс 4 (ECE R49.04-B1)
2014	2018	Евро 5 / Экологический класс 5 (ECE R49.04-B2 C)

^a добровольное

Было обнаружено [35], что производители автотранспортных средств оптимизировали показатели выбросов только для цикла испытаний, в то время как в типичных условиях движения эти выбросы оказывались на-

много выше, чем при тестировании на стенде. Для этого использовались так называемые устройства обнаружения, при которых система управления двигателем распознает, что автомобиль проходит тестирование и автоматически переключается в режим, оптимизированный по показателям выбросов. Использование таких устройств сейчас прямо запрещено законодательством ЕС [36].

В 2014 году было проведено независимое исследование с использованием портативной системы измерения выбросов NOx во время езды в условиях реального дорожного движения на 15 автомобилях с дизельными двигателями уровня Евро-6. Результаты показали, что выбросы NOx в среднем примерно в 7 раз превышали предельный уровень, установленный стандартом Евро-6.

В 2015 году скандал с выбросами автомобилей фирмы Volkswagen привел к разоблачению того, что Volkswagen AG намеренно фальсифицировала отчеты о выбросах, настраивая микропрограмму блока управления двигателем для определения условий испытаний и изменения управления выбросами во время испытаний. Автомобили таким образом проходили сертификационные испытания, но в реальных условиях выбрасывали в 40 раз больше загрязняющих веществ, чем допустимо по закону [37]. Независимый отчет в сентябре 2015 года предупредил, что эта практика распространяется на «каждого крупного производителя автомобилей», при этом BMW и Opel были названы наряду с Volkswagen и его дочерней компанией Audi «худшими виновниками» [38] и указано, что примерно 90% дизельных автомобилей в ЕС «нарушают нормы выбросов» [38].

Использовавшиеся испытательные циклы в большей степени отражали несвязанные условия движения и в недостаточной степени отражали режимы ускорения/замедления на низких скоростях, которые характеризуют движение с частыми остановками и троганиями в условиях плотных городских транспортных потоков. Использование для оценки объемов выбросов удельных показателей, ранее полученных по результатам сертификационных испытаний по стандартным ездовым циклам, как правило, искажали величину суммарных выбросов относительно реальных условий городского движения. При использовании для оценок стандартных испытательных циклов выбросы THC и VOC, как правило, занижались, а уровни выбросов NOx наоборот завышались. Учитывая это, в целях повышения точности оценок выбросов, получаемых в процессе сертификационных испытаний, мировым экспертным сообществом была предложена и на уровне Европейской Экономической Комиссии ООН принята «всемирно согласованная процедура испытаний на соответствие транспортных средств определенным стандартам топливной эффективности и экологичности» (WLTP). Данная процедура разработана с использованием данных, собранных в различных странах, и в значительно большей мере

отражает реальные режимы вождения автомобиля. Новый лабораторный (стендовый) испытательный цикл WLTP подразумевает четыре различных скоростных режима: от низкой до сверхвысокой скорости. Причем каждый режим включает целый ряд фаз вождения: остановка, резкая остановка, торможение, ускорение, резкое ускорение. Однако главное отличие WLTP от действовавшего ранее стандарта NEDC состоит в учете не только данных замеров топливной эффективности и экологичности автомобиля, полученных в лабораторных испытаниях на стенде (которые зачастую нереалистичны), но и в учете результатов процедуры испытаний (замеров выбросов) в реальных условиях дорожного движения (этот тестовый цикл получил аббревиатуру RDE (Real Driving Emission) [39]). Измерения выбросов в рамках процедуры RDE проводятся с использованием портативной системы измерения выбросов PEMS, которая помещается в багажнике контрольного автомобиля. Фактический предельный уровень выбросов для NOx (согласно этому тесту) назначается с учетом возможного превышения в реальном движении значений, полученных при испытании на стенде (в 2017 году «коэффициент соответствия», представляющий разницу между лабораторным тестом и реальными условиями движения, был принят как $CF = 2,1$, т. е. возможное превышение на 110%, и в 2021 году – на 50% ($CF = 1,5$) [39], «коэффициент соответствия» для числа частиц PM пока оставлен для дальнейшего изучения).

На международном уровне стандарт WLTP был введен в действие с сентября 2017 года. Стандарт WLTP распространяется на все категории автомобилей: бензиновых, дизельных, гибридных и электрических.

В Российской Федерации изменение внешнеполитической ситуации в феврале 2022 года привело к необходимости принятия Правительством ряда экстраординарных мер по сохранению потенциала национальной автопромышленности. Так, было принято Постановление Правительства РФ от 12.05.2022 № 855 «Об утверждении Правил применения обязательных требований в отношении отдельных колесных транспортных средств и проведения оценки их соответствия» (срок действия документа ограничен до 1 февраля 2023 года), которое «установило обязательные требования, применяемые в отношении отдельных колесных транспортных средств, произведенных на территории РФ, порядок применения этих обязательных требований, а также сертификации таких транспортных средств в случае невозможности проведения оценки соответствия колесных транспортных средств (шасси) в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств», в период действия режима временных ограничений поставок комплектующих для российских производителей колесных транспортных средств». По сути такое решение означает временный возврат отечественной автопромышленности к производству автомобилей уровня не выше Евро-1.

2.2.3.2.2. Экологическая безопасность эксплуатируемых автомобилей

Экологические характеристики могут меняться в процессе эксплуатации автомобилей. Для их контроля используются периодические технические проверки/инспекции (Periodic Technical Inspection – PTI). Данная процедура как принудительная мера для поддержания пригодности транспортного средства к дорожному движению (Roadworthiness Enforcement) в странах членах-ЕС и других развитых странах является законодательно установленной надзорной функцией государства, которая выполняется как самими государственными организациями (что довольно редко), так и привлекаемыми негосударственными специализированными аккредитованными инспекционными организациями (наиболее распространено).

В Европейском Союзе порядок контроля и технические требования к автомобилям, находящимся в эксплуатации, установлены следующими директивами – Директивой 2009/40 ЕС, с дополняющей её Директивой 2010/48 ЕС и Директивой 2000/30 ЕС. Первая регламентирует процедуру периодических технических осмотров, вторая – выборочный контроль на дорогах коммерческих автомобилей.

Директивой 2000/40 ЕС, принятой 6 мая 2009 г., установлены общие принципы организации контроля технического состояния транспортных средств в странах ЕС, категории транспортных средств, подлежащих контролю, периодичность технических осмотров, приведен перечень обязательно проверяемых позиций, касающихся безопасности движения и воздействия на окружающую среду, и соответствующие нормативы. Требования по контролю отдельных систем АТС сформулированы в самом общем виде, при этом каждая страна Сообщества имеет право принимать более жесткие требования к проведению контроля и частоте проверок. Для решения задач экологического контроля заслуживают внимания следующие общие принципы, изложенные в Директиве 2000/40 ЕС:

- инспекция не заменяет техническое диагностирование и обслуживание, проводимое владельцем автомобиля самостоятельно или с привлечением сервисных станций (согласно инструкции производителя по эксплуатации), а лишь подтверждает соблюдение владельцем обязанности по обеспечению пригодности его транспортного средства к дорожному движению;

- важными элементами инспекции являются:

- контроль сохранения конструкции АТС, одобренной при выпуске в обращение, включая: использование неоригинальных запасных частей; отключение / демонтаж / замену на муляжи устройств или систем, влияющих на безопасность (экологическую в том числе) и установленных производителем АТС; изменение версий программного обеспечения в элект-

тронных системах управления);

- использование данных из бортовой системы диагностики («on-board diagnostics» – OBD) для оценки функционирования систем;
- использование при инспекции руководств по эксплуатации от производителей транспортных средств.

Нормативные требования, предъявляемые к экологическим показателям автомобиля в эксплуатации (содержание загрязняющих веществ в отработавших газах (ОГ), дымность отработавших газов, контроль состояния системы бортовой диагностики, контроль комплектации и пр.), дифференцированы в зависимости от экологического класса, присвоенного автомобилю при выпуске в обращение, который определяется по документам на автомобиль и/или базам данных. *Таким образом, при соблюдении регламентов проведения технической инспекции автомобиля автоматически считаются соответствующими присвоенному им экологическому классу. Автомобили, не соответствующие по своим экологическим показателям установленным требованиям, не допускаются к эксплуатации.*

В Российской Федерации до мая 2022 года в обращение вводились только автомобили 5 экологического класса. Однако в эксплуатации сейчас одновременно находятся АТС категорий М1-3 и N1-3 шести экологических классов (0,1,2,3,4,5) и определенное количество импортных АТС, выбросы которых соответствуют требованиям уровня Евро-6. Конструкция систем нейтрализации ОГ современных автомобилей достаточно сложная. Введение каждого нового уровня (класса) экологической безопасности автомобилей сопровождается еще большим усложнением конструкции и ростом стоимости её составных элементов и автомобиля в целом.

Правило ЕЭК ООН № 83, начиная с изменения № 05 (экологический класс 3), устанавливает срок службы системы нейтрализации ОГ при нормальной эксплуатации на протяжении пробега АТС не менее 160 тыс. км. Однако система нейтрализации автомобиля может потерять свою работоспособность намного раньше при неправильной эксплуатации АТС. Для нормальной эксплуатации АТС, оснащенных современными системами нейтрализации ОГ, требуется использование моторных топлив высших экологических классов (Евро-4 и выше), высококачественных эксплуатационных материалов, а также квалифицированное выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту АТС. В противном случае нейтрализатор ОГ (или сажевый фильтр на автомобилях с дизельными двигателями) быстро теряет свою работоспособность, а стоимость его замены в зависимости от рабочего объема двигателя АТС колеблется от 50 до 300 тыс. рублей (в ценах 2021 г.).

Официальные дилеры при техническом обслуживании АТС, как правило, не проводят измерение концентрации загрязняющих веществ в ОГ, а ограничиваются только диагностикой системы управления

двигателем: при отсутствии соответствующих кодов ошибок система нейтрализации ОГ считается работоспособной, и плановая замена нейтрализатора не предусматривается. Аналогичная ситуация существует и при периодическом техническом осмотре АТС. При этом появляются и часто реализуются технические возможности проведения перенастройки («тюнинга») бортового компьютера для того, чтобы он «не видел» соответствующую неисправность, что позволяет не проводить замену каталитического нейтрализатора.

В таблицах 2.13-2.14 представлены предельные значения выбросов СО и СН, а также дымности ОГ для АТС различных экологических классов при проведении их технического осмотра. Соответствующие испытания проводятся на неподвижном АТС при работе его двигателя на холостом ходу или в режиме свободного ускорения (для АТС с дизельными двигателями).

Именно измерение показателей, представленных в данных таблицах, позволяет при проведении технического осмотра (или при техническом обслуживании автомобиля) выявлять АТС с неисправными или демонтированными (перенастроенными) системами нейтрализации отработавших газов (ОГ).

Таблица 2.13

Предельно допустимое значение выбросов СО и СН для АТС с бензиновыми двигателями (ТР ТС 018/2011)

Категории и комплектации ТС, экологический класс	Частота вращения коленчатого класса	СО, объемная доля, %, не более	СН, объемная доля, млн ⁻¹ , не более
М и N, не оснащенные системами нейтрализации ОГ (0ЭК)	минимальная	3,5	1200
	повышенная	2,0	600
М и N, не оснащенные системами нейтрализации ОГ (1,2ЭК)	минимальная	0,5	200
	повышенная	0,3	200
М и N, не оснащенные системами нейтрализации ОГ (3ЭК и выше)	минимальная	0,3	-
	повышенная	0,2	-

Таблица 2.14

Допустимый уровень дымности ОГ для АТС с дизелями на режиме свободного ускорения (ТР ТС 018/2011)

Категории АТС	Дымность, м ⁻¹ , не более
АТС с двигателем без наддува с наддувом	≤ 2,5
	≤ 3,0

Категории АТС	Дымность, м ⁻¹ , не более
АТС 4 экологического класса и выше	≤ 1,5

Проведенные ОАО «НИИАТ» в 2011 г. обследования содержания СО и СН в отработавших газах АТС категории М1,2 и N1 2-5-го экологических классов показали, что около 20% обследованных АТС по уровню выброса СО и СН не соответствовали заявленным экологическим классам при пробеге уже менее 100 тыс. км.

Аналогичные результаты были получены и за рубежом. Так, многолетние наблюдения TÜV SÜD AG (Германия) показали, что уже 25% автомобилей в возрасте до 3 лет при первой технической инспекции имеют появившиеся в результате эксплуатации неисправности, препятствующие их допуску к дорожному движению, а каждые 2 года последующей эксплуатации увеличивают эту долю в среднем на 10% (рисунок 2.14) (см. цветную вклейку). Как за рубежом, так и в России владельцы транспортных средств часто не в полной мере сознают свои установленные законом ответственность и обязанности по содержанию транспортных средств в состоянии, пригодном для эксплуатации на дорогах, что требует мер принудительного воздействия на них, особенно в части экологических показателей, которым придается наименьшее значение в силу их меньшей выявляемости и малого влияния на риск попадания в дорожно-транспортное происшествие.

Очевидно, что только автомобили, соответствующие своей первоначальной конструкции, заводской комплектации и нормативному техническому состоянию, могут отвечать законодательным и добровольным требованиям, подтверждаемым их маркировкой знаками соответствия (обращения). В противном случае, инвестиции в разработку и производство экологически «продвинутых» конструкций автотранспортных средств (в конечном счете, оплаченных покупателями новых автомобилей!) оказываются напрасными.

В Российской Федерации за последние годы экологическая безопасность АТС, находящихся в эксплуатации, заметно ухудшилась. Действующая с 2011 года административно-техническая система контроля за техническим состоянием эксплуатируемого парка АТС оказалась неэффективной.

Учитывая указанные выше сложности с правильной эксплуатацией современных систем нейтрализации отработавших газов и высокую стоимость их ремонта/замены, на рынке услуг по техническому обслуживанию и ремонту АТС появилась масса предложений по демонтажу систем нейтрализации с соответствующей перенастройкой системы бортовой диагностики. На поисковый запрос «Удаление нейтрализатора» было найдено более 14 млн предложений по оказанию данной услуги. Стандартное предложение включает следующие виды работ: программное и физическое удаление каталитического нейтрализатора; программное и физическое уда-

ление сажевого фильтра; программное и физическое отключение системы рециркуляции отработавших газов.

Подобное внесение изменений в конструкцию АТС переводит его по экологическим характеристикам из АТС 4-6-го экологического класса в АТС 0-го или 1-го экологического класса (с возможным увеличением выбросов по отдельным компонентам более, чем на порядок). Последующая диагностика системы управления двигателем при техосмотре или техническом обслуживании АТС не выявляет внесенных изменений в систему нейтрализации отработавших газов, поэтому реальная оценка экологического класса АТС в эксплуатации может быть получена только при измерении состава (или дымности) отработавших газов в соответствии с требованиями ТР ТС 018. Кроме этого, необходимо проводить визуальный осмотр и проверку фактического наличия на автомобиле нейтрализатора, сажевого фильтра, бака с жидкостью AdBlue, других компонентов систем нейтрализации.

Измерения содержания загрязняющих веществ или дымности отработавших газов при работе двигателя на холостом ходу в соответствии с требованиями ТР ТС 018 должны выполняться на пунктах технического осмотра, оснащенных газоанализаторами или дымомерами соответствующего класса. По результатам измерений владельцу АТС должна выдаваться диагностическая карта. При совпадении результатов измерений с требованиями ТР ТС 018 к характеристикам экологического класса, указанного в регистрационных документах АТС, эксплуатируемое АТС может считаться относящимся к указанному в его документах экологическому классу. Эта информация должна подтверждаться в базе данных об экологических характеристиках зарегистрированных АТС. В противном случае в базу данных должны вноситься соответствующие изменения.

Сложившаяся ситуация с контролем экологических характеристик эксплуатируемых автомобилей и выявлением недопустимого их ухудшения вследствие, как нарушения условий эксплуатации, так и преднамеренного внесения изменений в конструкцию АТС, требует совершенствования существующих процедур контроля.

Возможны следующие решения в данной сфере:

- приведение процедур экологического контроля АТС при их техническом осмотре АТС в соответствие с требованиями ТР ТС 018/2011 (обязательность проведения замеров выбросов загрязняющих веществ в режиме холостого хода с отражением результатов в диагностической карте и их обязательным занесением в единую базу данных результатов государственного технического осмотра);
- введение обязательного требования к фирменным станциям технического обслуживания автомобилей осуществлять проверку работоспособности систем нейтрализации отработавших газов с проведением замеров в

соответствии с требованиями ТР ТС 018/2011;

- как опция – выведение экологического контроля АТС из технического осмотра (ТО) в отдельную процедуру со своей периодичностью и регламентом проверки, соответствующим требованиям ТР ТС 018/2011. Передача функций контроля и надзора за осуществлением экологического контроля на пунктах ТО региональным органам Росприроднадзора.

Еще одним решением, направленным на совершенствование процедур проверки в эксплуатации соответствия АТС заявленному экологическому классу, может являться использование метода дистанционного контроля выбросов отдельных автотранспортных средств (см. раздел 2.2.3.3.).

2.2.3.3. Дистанционный контроль выбросов от автотранспортных средств

Метод дистанционного контроля выбросов АТС достаточно широко используется в ряде стран и основан на применении расположенных над проезжей частью приборов дистанционного зондирования выбросов [40, 47]. Для каждой категории и экологического класса АТС для условий участка, аналогичного тому, на котором установлены приборы, путем наблюдений устанавливаются пороговые уровни выбросов CO, CH и NOx, превышение которых позволяет отнести автомобиль данного класса и типа к «крупным загрязнителям» (пороговый уровень принимается на уровне 95% перцентиля распределения показателя выбросов конкретного загрязняющего вещества (ЗВ) для рассматриваемой группы автомобилей). Датчики дистанционного зондирования позволяют выявить в потоке наиболее загрязняющие автомобили, принадлежность которых определяется по базе данных зарегистрированных автомобилей. Трехкратное отнесение автомобиля к категории «крупных загрязнителей» влечет направление его владельцу приглашения прибыть на бесплатную проверку экологических характеристик его автомобиля на станции технического осмотра или станции (центре) технического обслуживания. Отказ от такой проверки влечет наложение на владельца штрафа. Применение данного решения требует необходимых изменений в законодательстве.

Прибор для дистанционного контроля расположен рядом с дорогой и состоит из трех скоординированных блоков, как показано на рис. 2.15. Назначение каждого блока: первый блок измеряет выбросы транспортных средств с помощью абсорбционной спектроскопии. Источники инфракрасного и ультрафиолетового излучения размещаются рядом с дорогой, их лучи направлены поперек дороги на высоту выхлопной трубы автомобиля. Свет отражается обратно зеркалом, расположенным на другой стороне до-

роги, и фокусируется в детектор. Измеренное затухание света прямо пропорционально концентрации определенных ЗВ в атмосфере. Эти ЗВ поступают из выхлопных газов только что проехавшего транспортного средства, а также из фоновой присутствия данного вида загрязнителя в окружающем воздухе. Поэтому концентрация ЗВ, измеренная до того, как ТС пересекло световой луч, принимается за фоновое загрязнение и вычитается из измерения. Каждая действительная запись представляет собой среднее значение от 10 до 25 действительных измерений концентрации, сделанных с частотой дискретизации 100 Гц в течение 0,5 секунды после прохождения транспортного средства. При соблюдении определенных параметров качества сохраняется среднее приращение концентрации. Прибор регулярно калибруется по слою газов известных концентраций. Второй блок измеряет скорость и ускорение транспортного средства. Скорость и ускорение обеспечивают измерение нагрузки двигателя транспортного средства, условно выраженной в виде удельной мощности транспортного средства (VSP) [47]. Эта нагрузка связана с мгновенной скоростью движения АТС. Третий блок, камера, записывает номер машины. Таким образом, технические данные для АТС впоследствии могут быть доступны из базы данных регистрации АТС. Наиболее важными характеристиками транспортного средства являются установленный для его типа стандарт выбросов или год первой регистрации данного АТС, тип топлива, номинальная мощность двигателя, полная масса транспортного средства, марка и модель АТС (сейчас вся эта информация содержится в Свидетельстве о регистрации АТС).

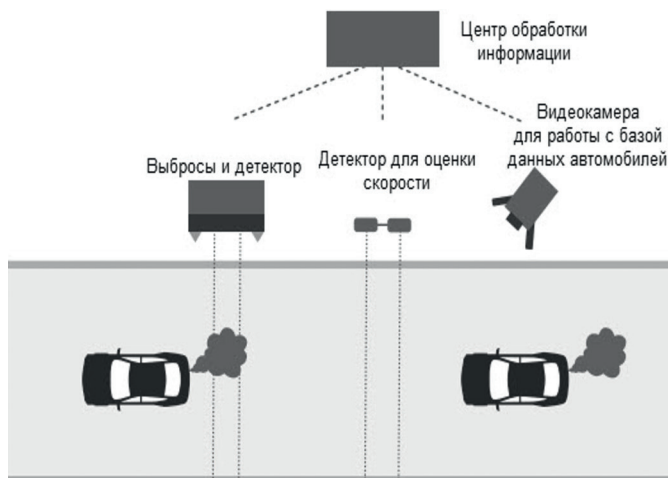


Рис. 2.15. Схематическая установка трех блоков устройства дистанционного зондирования [47]

Эти три элемента в совокупности обеспечивают контроль превышения выбросов в результате неисправности АТС или преднамеренного демонтажа элементов системы нейтрализации для конкретного АТС, технические характеристики которого известны из регистрационных данных. Эта технология официально используется в целом ряде стран [40-47].

На рис. 2.16 показан принцип действия одного из зарубежных приборов дистанционного зондирования (EDAR), который расширяет вышеупомянутые возможности. В качестве источника света используется лазер (LiDAR), что делает измерение более избирательным и точным по отношению к исследуемому виду выброса. Кроме того, источник света и детектор установлены над дорогой в этой конфигурации, причем луч смотрит вниз, а не поперек дороги. Лазерный луч рассеивается обратно от отражающей полосы, установленной на поверхности дороги. Лазерный луч прочесывает всю ширину дороги и имеет частоту дискретизации 20 000 Гц.

Измеренное ослабление лазерного излучения пропорционально концентрации ЗВ. Концентрация, измеренная рядом с АТС или непосредственно перед тем, как автотранспортные средства пересекают луч, вычитается из результатов как фоновое загрязнение, а оставшаяся разница приписывается выбросу ЗВ от АТС. Это позволяет проводить измерение ЗВ, выделяемых при прохождении автомобилем датчика. Надземная конфигурация с широким лучом захватывает ЗВ выхлопных газов независимо от точного расположения выхлопной трубы. Кроме того, такая геометрия облегчает проведение измерений на участках с несколькими полосами движения и/или более плотным трафиком. Измеряются скорость и ускорение, а также записывается физическое изображение автотранспортного средства и его номерной знак.



Рис. 2.16. Пример работы системы дистанционного зондирования выбросов от автомобильного транспорта [47]

Ограничения на выбросы для транспортных средств задаются предельными уровнями для таких веществ, как СН, СО и NO_x. Они зависят от типа транспортного средства и его года выпуска (см., например, таблицу 2.15, показывающую предельные значения выбросов, используемых при дистанционном зондировании в г. Сеуле, Южная Корея) [50].

В Южной Корее в случае, когда выбросы транспортного средства превышают эти пределы, определяемые как трехкратное превышение норм, применяемых во время периодического технического осмотра автотранспортного средства, оно классифицируется как источник высоких выбросов, и владельцу отправляется уведомление с предложением проверить его транспортное средство.

Если замечено, что одно и то же транспортное средство во второй раз за год превышает предельные значения выбросов при дистанционном контроле, владелец получает предписание о проведении ремонтных работ. Владелец обязан прекратить использование транспортного средства и отремонтировать его в специально отведенном месте для осмотра и технического обслуживания автомобилей в течение 15 дней с даты получения предписания; в противном случае владелец подвергается штрафу.

Таблица 2.15

Предельные значения выбросов при дистанционном зондировании [43]

Год выпуска	Вес, кг	Бензин			СНГ, СПГ		
		СО (%)	СН (ppm)	NO _x (ppm)	СО (%)	СН (ppm)	NO _x (ppm)
Легковые автомобили (объем двигателя <1000 куб. см)							
До 31 декабря 1997 г.	-	12,60	3,270	6,330	16,38	4,230	7,590
С 1 января 1998 г. по 31 декабря 2000 г.	-	7,20	1,170	5,400	9,36	1,500	6,480
С 1 января 2001 г. по 31 декабря 2003 г.	-	3,60	630	4,920	4,68	810	5,880
1 января 2004 г. и новее	-	3,00	540	3,720	3,90	690	4,470
Легковые автомобили (объем двигателя ≥ 1000 куб. см)							

Год выпуска	Вес, кг	Бензин			СНГ, СПГ		
		СО (%)	СН (ppm)	NOx (ppm)	СО (%)	СН (ppm)	NOx (ppm)
1 января 1988 года по 31 декабря 1997 года	До 1000	5,49	630	5,400	7,14	819	6,480
	1000-1200	4,41	510	4,320	5,73	663	5,184
	1200-1400	3,63	420	3,570	4,71	546	4,284
	1400-1600	3,24	390	3,150	4,20	507	3,780
	1600-1800	2,82	360	2,760	3,66	468	3,312
	1800-2000	2,61	330	2,520	3,39	429	3,024
	2000 и выше	2,37	300	2,280	3,09	390	2,736
С 1 января 1998 года по 30 декабря 2000 года	До 1000	3,00	540	4,200	3,90	702	5,040
	1000-1200	2,43	450	3,360	3,15	585	4,032
	1200-1400	2,01	360	2,790	2,61	468	3,348
	1400-1600	1,80	330	2,460	2,34	429	2,952
	1600-1800	1,59	300	2,160	2,07	390	2,592
	1800-2000	1,47	270	1,980	1,92	351	2,376
	2000 и выше	1,35	240	1,800	1,77	312	2,160
С 1 января 2001 года по 30 декабря 2005 года (для СНГ: с 1 января 2001 года по 31 декабря 2003 года)	До 1000	2,31	420	3,300	3,00	540	3,960
	1000-1200	1,86	330	2,610	2,43	420	3,120
	1200-1400	1,56	300	2,160	2,04	360	2,580
	1400-1600	1,38	270	1,890	1,80	330	2,190
	1600-1800	1,23	240	1,650	1,59	300	1,920
	1800-2000	1,14	210	1,500	1,47	270	1,740
	2000 и выше	1,05	180	1,350	1,38	240	1,590

Год выпуска	Вес, кг	Бензин			СНГ, СНГ		
		CO (%)	СН (ppm)	NOx (ppm)	CO (%)	СН (ppm)	NOx (ppm)
1 января 2006 года и новее (для СНГ: 1 января 2004 года и новее)	До 1000	2,31	420	3,090	3,00	540	3,720
	1000-1200	1,86	330	2,490	2,43	420	3,000
	1200-1400	1,56	300	2,070	2,04	390	2,490
	1400-1600	1,38	270	1,830	1,80	360	2,190
	1600-1800	1,23	240	1,590	1,59	300	1,920
	1800-2000	1,14	210	1,470	1,47	270	1,770
	2000 и выше	1,05	180	1,320	1,38	240	1,590

Выявление и устранение неисправностей двигателя. Часто владельцы транспортных средств и станции технического обслуживания при обслуживании автомобилей сосредотачиваются на неисправностях, которые влияют на безопасность движения, управляемость и расход топлива. Однако им не хватает знаний или интереса к устранению неисправностей, влияющих на выбросы автомобиля. Это связано с тем, что такие неисправности, как правило, не влияют на безопасность движения или управляемость автомобиля, а иногда могут даже улучшить показатели мощности и /или расхода топлива (например, при удалении некоторых устройств нейтрализации выхлопных газов).

Кроме того, большинство неисправностей, связанных с выбросами, не видны визуально, за исключением случаев явного «дымления» двигателя, которые редки для современных транспортных средств, что затрудняет их обнаружение владельцами и автомеханиками без наличия специального оборудования для проверки выбросов. Поэтому необходимо понимать, какие неисправности двигателя оказывают наибольшее влияние на каждый загрязнитель, для того чтобы можно было определить возможные неисправные узлы и агрегаты и отремонтировать их при выявлении транспортного средства с высоким уровнем выбросов методом дистанционного зондирования.

В таблице 2.16 в качестве примера приведены данные о влиянии различных неисправностей двигателя на выбросы и расход топлива автомобиля-такси уровня Евро-2, работающего на СНГ, полученные при исследованиях на динамометрическом стенде, проведенных в 2014 году в Гонконге [40].

Приведенные данные показывают, что некоторые неисправности двигателя могут значительно увеличить выбросы загрязняющих веществ, что показывает важность надлежащего обслуживания двигателя для достижения оптимального расхода топлива и соблюдения стандартов на выбросы.

Техническая информация, собираемая о транспортном средстве в системах дистанционного зондирования. В системе RS фиксируются номерные знаки проходящих АТС, что позволяет осуществлять доступ к регистрационным данным для получения информации о самом транспортном средстве, например, о его экологическом классе или модельном годе, мощности двигателя, массе, последнем пройденном техническом осмотре и т. д., а также дает возможность связаться с владельцем в случае выявления высокого уровня выбросов.

Таблица 2.16

Показатели выбросов и расхода топлива при различных неисправностях двигателя. Положительные и отрицательные проценты указывают на увеличение и сокращение выбросов по сравнению с базовым испытанием (т. е. когда все компоненты двигателя функционируют должным образом после тщательного технического обслуживания) соответственно [40]

Системы	Неисправные компоненты	СН	СО	NO	Расход топлива
Впускная система	Дроссельная заслонка с корпусом дроссельной заслонки	31%	218%	-40%	16%
	Клапан управления смесью в корпусе дроссельной заслонки	168%	782%	-86%	3%
	Регулирующий клапан холостого хода корпуса дроссельной заслонки	-28%	-51%	151%	11%
Топливная система	Испаритель (обогатённый)	17%	276%	-5%	5%
	Испаритель (обедненный)	-32%	-38%	-41%	5%
	Магистральный трубопровод подачи топлива	49%	-5%	352%	8%
	Линия подачи топлива на холостом ходу	30%	294%	-6%	6%
	Электромагнитный клапан отключения подачи топлива	-39%	-43%	-50%	10%
Система зажигания	Свеча зажигания	0%	60%	-40%	6%
	Крышка распределителя и ротор	-13%	-29%	-20%	6%
	Окислительный нейтрализатор	131%	211%	178%	7%

Системы	Неисправные компоненты	СН	СО	NO	Расход топлива
Выхлопная система	Датчик кислорода (0,1 В)	249%	150%	33%	11%
	Датчик кислорода (0,9 В)	317%	410%	61%	9%
	Клапан рециркуляции отработавших газов (открыт)	169%	34%	3%	11%
	Клапан рециркуляции отработавших газов (закрыт)	-45%	-39%	72%	5%
	Базовый тест (все компоненты функционируют должным образом)	0,15 г/км	0,61 г/км	0,26 г/км	11,01 л/100км

Характеристики участка дороги и режимов движения для измерения выбросов методом RS. Конечно, довольно сложно оценивать выбросы отдельного АТС с помощью всего нескольких мгновенных измерений при прохождении им сечения дороги. Поэтому очень важно правильно определить условия проведения таких измерений, понимая при этом, что выделение из транспортного потока автомобилей «крупных загрязнителей» носит предварительный характер и окончательное заключение об их экологических характеристиках получают при проверке выделенного автомобиля на станции ТО по стандартным испытательным процедурам. Выбор местоположения участка для измерений при дистанционном зондировании определяет диапазон наблюдаемых условий движения и, следовательно, наблюдаемый диапазон уровней выбросов в зависимости от нагрузок на двигатели. Предыдущие исследования с использованием дистанционного зондирования показали, что условия вождения меняются очень сильно даже в одном и том же месте измерения. Поэтому даже отдельные выбранные участки обычно охватывают широкий диапазон возможных нагрузок на двигатель автомобиля, так что средний уровень выбросов основан на рассмотрении широкого рабочего диапазона нагрузок. Часто рекомендуется проводить измерения на нескольких участках, чтобы повысить достоверность выявления неисправных АТС, охватить более широкий диапазон условий движения и обеспечить более широкий охват автопарка в исследуемом районе.

Система мониторинга экологических характеристик эксплуатируемых АТС (рис. 2.17) носит двухуровневый характер – **на первом уровне** выявляются автомобили с очень высокими выбросами ЗВ, кратно превышающими допустимые для данного экологического класса автомобилей; **на втором этапе** эти автомобили приглашаются на проверку их экологических характеристик в ближайший к месту их выявления (или регистрации автомобиля) пункт ТО автомобилей. Соответственно внедрение подобной системы в России потребует внесения изменений и дополнений в действующую законодательную и нормативную правовую

базу для осуществления правоприменительных действий [48].

В предлагаемой системе основные требования к участкам и режимам проведения дистанционного зондирования могут быть сформулированы следующим образом:

- предпочтительнее проводить замеры выбросов при движении автомобилей по одной полосе движения;
- при измерениях предпочтительнее свободный режим движения транспортного потока, оптимальным было бы также устойчивое ускорение автомобилей (например, места, где транспортные средства ускоряются от знака остановки или от светофора);
- двигатель автомобиля должен работать под нагрузкой, поэтому желательно положительное ускорение (разгон) или небольшой положительный уклон дороги;
- следует по возможности обеспечить низкую вероятность нахождения в транспортном потоке автомобилей с непрогретым двигателем, чтобы исключить ложное выделение их как источников высоких выбросов;
- следует обеспечивать соотношения мощности двигателя к скорости, достаточные для четко распознаваемых выбросов выхлопных газов для большинства транспортных средств.

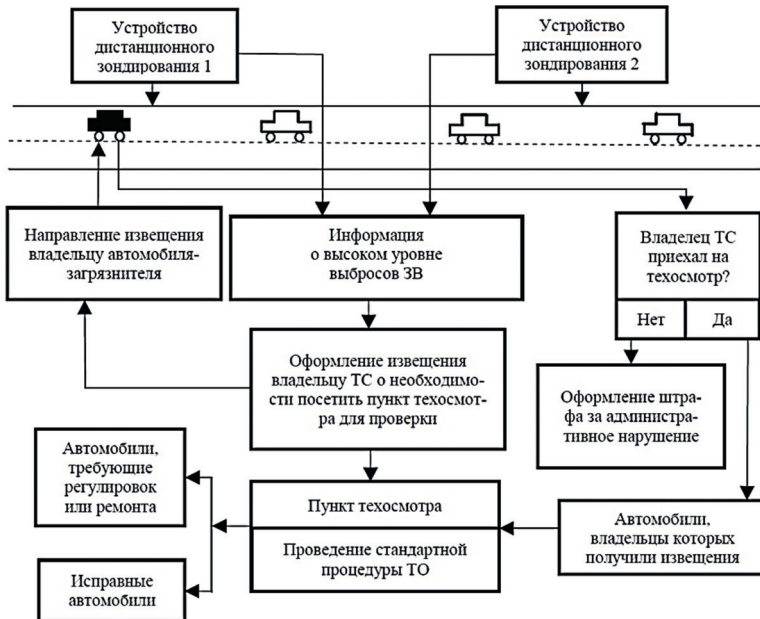


Рис. 2.17. Блок-схема предлагаемой организации в РФ системы экологического контроля АТС на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов автомобилей

2.2.3.4. Методические основы расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами при разработке и реализации транспортных проектов

Специфические особенности автотранспортных средств, как источников выбросов загрязняющих веществ (большое количество, мобильный характер, различные режимы движения и т. д.), обуславливают необходимость использования для оценок экологического воздействия транспортных потоков на состояние атмосферного воздуха и здоровья населения расчетных методов. В России первые методики инвентаризации выбросов АТС были разработаны и начали применяться еще в середине восьмидесятих годов прошлого века [51].

В период с 1993 по 2016 годы по заказу Минтранса России НИИАТ разработал ряд методик инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств, включавшихся для применения в официальный перечень рекомендованных Минприроды России. Всего было разработано 7 методик расчета выбросов. Первоначально в методиках НИИАТ определялся выброс 6 ЗВ, потом количество ЗВ было увеличено до 26; количество расчетных типов автотранспортных средств было увеличено с 13 до 83. Начиная с 2008 года, в методиках НИИАТ при расчете выбросов автотранспортных средств стал учитываться экологический класс АТС.

За рубежом наиболее известными методическими подходами к оценке выбросов от АТС являются ЕМЕП/CORINAIR и CONCAVE. Международный проект ЕМЕП/CORINAIR (Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe) (далее – Методика ЕМЕП/CORINAIR) был разработан Европейским Агентством по охране окружающей среды (далее – ЕЕА) в содружестве с ЕЭК ООН и предназначен для проведения унифицированных оценок выбросов от различных источников в рамках реализации положений Конвенции об изменении климата и трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Для выполнения расчетов по данной методике разработан свободно распространяемый программный пакет COPERT [52].

В 2012 году и 2016 году НИИАТ разработал методики расчета выбросов ЗВ от АТС, гармонизированные с подходами, принятыми ЕЕА и реализованными в ПО COPERT версий 4 и 5. Хотя последние версии Методик НИИАТ для расчёта выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств в крупных городах были практически полностью гармонизированы с действовавшей на тот момент редакцией европейской методики ЕЕА/COPERT, они предусматривали ряд отличий: более дифференцированную классификацию рассматриваемых условий городского движения (в отличие от методики ЕЕА/COPERT, где оценка выбросов проводилась для трех характерных условий движения – при движении по городским улицам, заго-

родным дорогам и автомагистралям, в методике НИИАТ рассматривались 5 уровней градации пробеговых выбросов по условиям движения); учёт удельных выбросов ЗВ для АТС российского производства низких экологических классов.

Позднее в 2019 году подведомственными организациями Минприроды России и Росприроднадзора были разработаны аналогичные методические документы в рассматриваемой сфере [53, 54]. Сравнительный анализ российских методических документов в данной сфере представлен в таблицах 2.17–2.19.

Таблица 2.17

Сравнение методических документов по рассматриваемым расчетным категориям АТС

Типы АТС и классы автобусов	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Минприроды России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика ЕМЕР/CORINAIR	Модель VISSIM
Расчетный тип АТС						
Легковые автомобили	+	+	+	+	+	+
Легкие грузовые автомобили и автобусы	+	+	+	+	+	-
Грузовые автомобили большой грузоподъемности	+	+	+	+	+	+
Автобусы	+	+	+	+	+	-
Подтипы АТС						
Легковые автомобили – рабочий объем двигателя						
менее 1.4 л	+	-	-	-	+	-
1.4 л – 2.0 л	+	-	-	-	+	-
более 2.0 л	+	-	-	-	+	-
Грузовые автомобили – полная масса						
менее 7500 кг	+	-	-	-	+	-
7500 – 16000 кг	+	-	-	-	+	-
16000 – 32000 кг	+	-	-	-	+	-
более 32000 кг	+	-	-	-	+	-

Типы АТС и классы автобусов	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Мин природы России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика ЕМЕП/CORINAIR	Модель VISSIM
Автобусы – класс автобуса						
Малый	+	-	-	-	-	-
Средний	+	-	-	-	-	-
Большой	+	-	-	-	-	-
Особо большой	+	-	-	-	-	-

Таблица 2.18

**Сравнение методических документов по рассматриваемым
загрязняющим веществам**

Выбросы	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Мин природы России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика ЕМЕП/CORINAIR	Модель VISSIM
Расчетная модель						
Валовый выброс при движении АТС (т/год)	+	+	+	+	+	+
Валовый выброс при пуске двигателя	+	-	-	-	+	-
Валовый выброс при испарении топлива	+	-	-	-	+	-
Загрязняющие вещества						
Оксид углерода	+	+	+	+	+	+
Углеводороды	+	-	-	-	+	+
Неметановые углеводороды	+	+	-	-	+	+
Метан	+	+	+	-		
Оксиды азота	+	+	+	-		
Диоксид азота	-	+	+	-	+	+
Закись азота	+	-	-	-		
Частицы	+	-	-	-		
PM ₁₀	-	-	-	-	+	+
PM _{2,5}	-	-	+	-		
Аммиак	+	+	-	-		

Выбросы	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Мин природы России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика EMEP/CORINAIR	Модель VISSIM
Диоксид серы						
Диоксид углерода	+	+	+	+	+	+
Соединения свинца	+	-	-	-	+	+
1.3 – бутадиев	+	-	-	-	+	-
Толуол	+	-	-	-	+	-
Ксилол	+	-	-	-	+	-
Стирол	+	-	-	-	+	-
Ацетальдегид	+	-	-	-	+	-
Бензол	+	-	-	-	+	+
Формальдегид	+	-	+	+	+	-
Бенз(а)пирен	+	-	+	+	+	-

Таблица 2.19

Сравнение методических документов по рассматриваемым экологическим классам АТС, используемому топливу и условиям эксплуатации

Классы АТС, топлива, условия эксплуатации	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Мин природы России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика EMEP/CORINAIR	Модель VISSIM
Экологический класс АТС						
Евро 0	+	+	-	-	+	+
Евро 1	+	+	-	-	+	+
Евро 2	+	+	-	-	+	+
Евро 3	+	+	-	-	+	+
Евро 4	+	+	-	-	+	+
Евро 5	+	+	-	-	+	+
Евро 6	-	-	-	-	+	-
Моторное топливо						

Классы АТС, топлива, условия эксплуатации	Методика НИИАТ	Методика Росприроднадзора	Методика Мин природы России	ГОСТ Р 56162-2019	Методика ЕМЕП/CORINAIR	Модель VISSIM
Бензин	+	+	-	-	+	+
Дизельное топливо	+	+	-	-	+	+
Сжиженный нефтяной газ	+	+	-	-	+	-
Сжатый природный газ	+	+	-	-	-	-
Экологические характеристики топлива	-	-	-	-	-	-
Категория дорог и условия эксплуатации						
Городские	+	+	+	+	+	+
Загородные	-	+	-	-	+	+
Автомобильные магистрали	+	-	+	+	+	+
Скорость сообщения	+	-	+	+	+	+
Тип населенных пунктов	+	+	-	-	-	-
Срок эксплуатации АТС	-	-	-	-	+	-
Погодно-климатические условия	+	-	+	+	+	-

Принцип оценки выбросов загрязняющих веществ АТС, принятый во всех рассматриваемых выше методиках, одинаков. В их основу положен известный подход, который может быть представлен в виде формулы (2.1):

$$M_i = 10^{-6} \sum_{k=1}^h m_{ik} \cdot N_k \cdot L_k \tag{2.1}$$

где M_i – массовый выброс i -го загрязняющего вещества, т; m_{ik} – удельный пробеговой выброс i -го вещества автомобилем k -ого типа, г/км; N_k – общее количество автомобилей k -ого типа; L_k – суммарный пробег автомобилей k -ого типа, км; h – количество рассматриваемых типов автомобилей.

Повышение точности расчетов по формуле (2.1) обеспечивается в различных методиках за счет более детальной дифференциации категорий и классов АТС, их технического состояния, условий дорожного движения и введения в формулу соответствующих поправочных коэффициентов [55, 56]. Основой расчетов являются т. н. пробеговые выбросы АТС в г/км, полученные на основе сертификационных испытаний автомобилей по стандартным ездовым циклам (см. раздел 2.2.3.2.1).

Для расчета выбросов ЗВ транспортный поток делится на 3 категории АТС: легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы. Далее могут учитываться рабочий объем двигателя, полная масса, экологический класс АТС и тип топлива (рисунок 2.18).

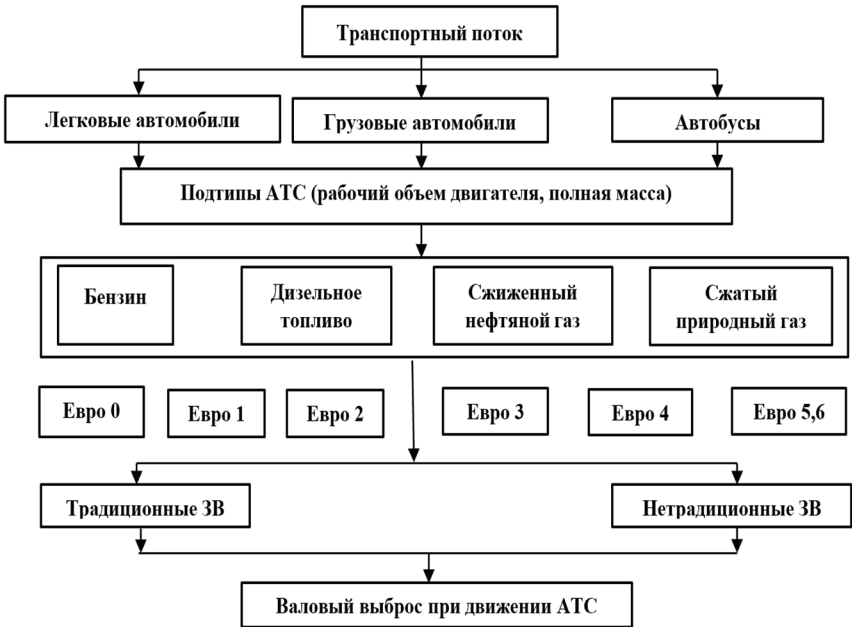


Рис. 2.18. Структура расчета выбросов ЗВ при движении транспортных потоков

Расчет выбросов от движения транспортных потоков обычно выполняется для «традиционных» ЗВ, но могут учитываться и «нетрадиционные» ЗВ. К «традиционным» ЗВ, которые образуются в результате функционирования транспортного комплекса, относятся: оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NO_x), взвешенные частицы PM_{10} и $\text{PM}_{2,5}$, диоксид серы (SO_2), диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), неметановые углеводороды (NMVOC), аммиак (NH_3). К «нетрадиционным» ЗВ относятся: акролеин, 1,3-бутадиен, толуол, ксилол, стирол, ацетальдегид, бензол, формальдегид, бенз(а)пирен.

Современное состояние отечественного методического обеспечения для расчета выбросов ЗВ от автотранспортных средств позволяет сделать вывод о необходимости его дальнейшего совершенствования. Такой вывод связан со следующими причинами: появление новых экологических классов АТС (Евро-6, Евро-7, гибриды); выявление существенных несоответствий между удельными выбросами, полученными при сертификационных испытаниях АТС, и удельными выбросами при реальных режимах эксплуатации автомобилей; необходимость учета изменения экологических характеристик АТС в эксплуатации (особенно в условиях отмены техосмотра для легковых автомобилей и массовым вмешательством владельцев в конструкцию АТС); необходимость нахождения компромисса между требуемой точностью получаемых оценок выбросов и затратами на получение необходимой для этого исходной информации.

Необходимость дальнейшего совершенствования методик расчета выбросов от АТС связана в первую очередь с задачами оценки и прогнозирования экологической эффективности мероприятий, осуществляемых в транспортном секторе.

2.2.4. Выбросы парниковых газов

Выбросы парниковых газов по всему миру вызывают изменение климата. Их рост приводит к увеличению опасных климатических явлений (наводнения, засухи, бури, проливные дожди, аномальная жара, пожары). Все это негативно сказывается на жизни и здоровье людей, на производстве продовольственных товаров, на функционировании инфраструктуры. Повышение температуры в летний период приводит к росту заболеваемости и смертности, обусловленных жарой. Как отмечено в [2], наибольший риск для здоровья населения возникает в крупных городах (за счет эффекта т. н. «теплового купола»). Повышение температуры может также привести к появлению новых и распространению уже существующих трансмиссивных заболеваний. Согласно данным ВОЗ, в 2030–2050 годах изменение климата

вызовет порядка 250 000 дополнительных смертей в год. Углекислый газ способствует образованию в атмосфере озона, задерживая солнечное излучение на уровне земли. Соответственно выбросы парниковых газов также способствуют развитию респираторных заболеваний, вызванных смогом и загрязнением воздуха.

Изменение климата в основном связано с выбросом в результате сжигания углеводородных топлив диоксида углерода (CO_2), а также других парниковых газов (обычно выражаемых в эквиваленте CO_2). Автомобили с традиционными двигателями внутреннего сгорания являются источником выбросов таких парниковых газов, как диоксид углерода CO_2 , оксид азота N_2O , метан CH_4 . Объем этих выбросов зависит, с одной стороны, от пробега транспортных средств, а с другой – от их энергоэффективности. При сгорании различных видов ископаемого топлива, используемых автомобильным транспортом, парниковые газы выделяются с разной интенсивностью. Автомобили, использующие дизельное топливо, выделяют меньше углерода на километр пробега, чем использующие бензин, но при этом в сумме выбрасывают в атмосферу больше загрязняющих веществ. В Европе 2018 году продажи автомобилей с бензиновым двигателем превысили продажи автомобилей с дизельным двигателем (в соотношении 60% к 40%). Как было отмечено выше, в России доля дизельных автомобилей в парке легковых автомобилей значительно ниже.

По оценкам Международного транспортного форума (ITF) к 2050 году мобильность и, соответственно, пробег и выбросы CO_2 в городах возрастут на 94% по сравнению с 2015 годом. Энергоэффективность АТС за последние 30 лет выросла недостаточно, для того чтобы компенсировать возросшую интенсивность их движения. Одним из самых действенных способов снижения выбросов парниковых газов, как и ЗВ, является сокращение пробега транспортных средств и инвестирование в массовый переход на более экологичные виды транспорта. Если же количество и протяженность поездок с использованием АТС продолжит расти, то главный вопрос состоит в том, получится ли компенсировать этот рост за счет снижения топливо- и энергопотребления АТС. Это будет зависеть от темпов обновления существующего автопарка, которое происходит путем поэтапного отказа от старых автомобилей с низкой энергоэффективностью и высокими выбросами ЗВ и ввода в эксплуатацию новых автомобилей со значительно меньшим или нулевым уровнем выбросов парниковых газов [2]. Пока автомобили с нулевым уровнем выбросов (электромобили; автомобили, работающие на водородном топливе) составляют невысокую долю в структуре автомобильного парка, но их использование растет и уже способствует улучшению качества воздуха в отдельных европейских городах. При этом важно понимать, что при широком распространении АТС с нулевым уровнем выбросов вредных веществ могут увеличиваться выбросы в секторе энергети-

ки. Поэтому именно на этот сектор в этом случае перейдет ответственность за производство экологически чистой энергии для транспорта.

К углеродно-нейтральным относят также и биотоплива. Расширение практики их использования является частью климатической политики ЕС, но, как отмечается в [2], может в то же время привести к повышению рисков загрязнения воздуха на местном уровне. Доля транспортных средств, использующих биотопливо, в 2020 году составляла в ЕС около 10%.

Учитывая высокую экологическую и климатическую опасность использования автотранспортных средств с двигателями, работающими на углеводородных топливах, ряд стран и городов региона ЕЭК ООН уже включили меры по прекращению продаж новых автомобилей с двигателем внутреннего сгорания в свои национальные планы борьбы с изменением климата. Среди таких стран фигурируют, например, Норвегия (2025 год), Дания, Швеция, Ирландия и Нидерланды (2030 год), Соединенное Королевство (2035 год) и Франция (2040 год).

С момента заключения в 2015 году Парижского соглашения по климату (соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года) различные страны и города работают над разработкой и реализацией планов по борьбе с изменением климата на национальном и местном уровнях. При этом реформирование транспортного сектора и связанного с ним энергопотребления – один из главных приоритетов в борьбе с выбросами парниковых газов. Эти планы содержат широкий спектр специализированных политических мер, направленных на сокращение выбросов, в том числе мер по контролю качества топлива, повышению энергоэффективности и электрификация транспортных средств, введению налоговых и финансовых льгот, поощрению перехода на другие виды транспорта и стимулирование других видов передвижения, таких как общественный транспорт, ходьба пешком и езда на велосипеде.

Политика в сфере рационального использования энергоресурсов на автомобильном транспорте требует четкого разделения понятий «экономия топлива» и «энергоэффективность» со стороны органов власти, принимающих решения в этой области, транспортников, автовладельцев [57, 58]. Часто эти понятия воспринимают как синонимы или их путают, подменяя одно другим. «Экономия топлива» – это снижение абсолютных объемов потребления топлива, которое проще всего достигается сокращением транспортной деятельности (сокращением пробегов), улучшением транспортной логистики, экономичными приемами вождения. «Энергоэффективность» – это показатель, характеризующий количество топлива, расходуемого на единицу транспортной работы (например, л/ткм, л/пасс.км), однако для сравнения автомобилей, близких по технико-эксплуатационным характеристикам, могут использоваться и такие показатели топливной экономич-

ности автомобиля, как л/100 км, м³/100 км или км/л. Показатель «энергоэффективность» (топливная экономичность) нацеливает на осуществление заданного объема перевозок с наименьшим расходом топлива (или осуществления максимального объема перевозок на заданном объеме топлива). Это достигается как улучшением технических характеристик автомобилей (их аэродинамики, использованием более прочных и легких конструкционных материалов, более экономичными двигателями и т. д.), так и улучшением организации перевозок, снижением холостых пробегов и т. д. В условиях меняющейся деловой активности и разновекторной динамики экономики требовать сокращения абсолютного потребления топлива бесперспективно, а повышать эффективность его использования необходимо.

Примерами эффективных решений в области повышения энергоэффективности автомобильного и городского транспорта являются, например, государственные закупки транспортных средств с нулевым уровнем выбросов (например, электробусов, электромобилей или автомобилей с водородными двигателями); создание экологических зон (зон с низким уровнем выбросов – «Low Emission Zones» или «Ultra Low Emission Zones»), въезд и выезд транспортных средств в которые соответствующим образом регулируются (рисунок 2.19).



Рис. 2.19. Знак, обозначающий начало зоны с ультранизкими выбросами в г. Лондоне (Великобритания)

К числу прочих мер относятся инвестиции в зарядную инфраструктуру для электромобилей, поддержка развития городского электротранспорта

общего пользования и создание инфраструктуры для велосипедного движения. Поскольку выбросы CO_2 от автотранспортных средств во многом связаны с расходом топлива, вождение в условиях перегруженности улично-дорожных сетей является одной из важных причин увеличения выбросов парниковых газов. В связи с этим, мероприятия, направленные на снижение серьезности и длительности транспортных заторов в городах, также рассматриваются в качестве важного элемента городской транспортной политики, направленной на снижение выбросов парниковых газов.

При разработке и реализации городских планов и программ по снижению выбросов парниковых газов важным вопросом является оценка объема их выбросов автотранспортом. В работе [225] представлена таблица 2.20, содержащая удельные коэффициенты выбросов (в пересчете на CO_2) от автотранспорта, заложенные в ряде математических моделей из набора МОТВП (Модели оценки транспортных выбросов для проектов) Глобального экологического фонда (ГЭФ).

Таблица 2.20

Удельные коэффициенты выбросов (в пересчете на CO_2) от автотранспорта

Тип транспортного средства	Скорость		Вид топлива, % в балансе		Топливная эффективность, км/литр		Коэффициент выбросов в $\text{CO}_{2\text{экр}}$ на литр топлива, кг $\text{CO}_{2\text{экр}}$ /литр		Выбросы в $\text{CO}_{2\text{экр}}$ на км пробега, кг $\text{CO}_{2\text{экр}}$ /км		Средний коэффициент выбросов в $\text{CO}_{2\text{экр}}$ по типу транспортного средства, кг $\text{CO}_{2\text{экр}}$ /км
	км/час	Бензин	Дизтопливо	Всего	Бензин	Дизтопливо	Бензин	Дизтопливо	Бензин	Дизтопливо	
Легковые машины	22	95%	5%	100%	9	11	2,8	2,943	0,306	0,268	0,30
Такси	22	30%	70%	100%	8	11	2,8	2,943	0,344	0,268	0,29
Автобусы	22	-	100%	100%	1,8	2,2	2,8	2,943	1,530	1,338	1,34

Методическую основу оценки выбросов парниковых газов, других ЗВ автомобильным транспортом и наземным городским электротранспортом составляют руководства (доклады) МГЭИК (МГЭИК, 2006; IPCC, 2014a, IPCC, 2014b) (методики Уровней 1, 2, 3), частично дополненные методическими разработками, основанными на отечественном опыте проведения национальных инвентаризаций и материалах научных исследований. Данный методический аппарат был использован, в частности, при разработке прогнозов выбросов CO_2 и NO_x от АТС и наземного городского электрического транспорта в РФ в г. Москве и г. Санкт-Петербурге на период до 2030 и 2050 годов [58]. Количественная оценка значений валовых выбросов CO_2 и других ЗВ передвижными источниками (парком АТС) в рамках этой работы проводилась в соответствии с трехуровневой расчетной моделью на основе использования формул, представленных в таблице 2.21.

Таблица 2.21

Формулы для оценки выбросов CO_2 автомобильным транспортом и наземным городским электротранспортом для разных уровней детализации исходных данных, т/год

Источники выбросов	Расчетная формула	Обозначение (примечания)
Передвижные объекты (парк ТС) Уровни 1,2	$E_{\text{CO}_2} = \frac{\sum_a (AD_a \times EF_a)}{10^3}$	a – вид транспорта (автомобильный); AD_a – объем транспортной работы при выполнении грузовых или пассажирских перевозок, млн т-км или пасс.-км/год; EF_a – коэффициент выбросов CO_2 при выполнении грузовых или пассажирских перевозок, кг/ткм или пасс.км.
Передвижные объекты (парк ТС) Уровень 3	$E = \frac{\sum_{a,b,c,d} (AD_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}) + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d}}{10^6}$	E – выбросы CO_2 , CH_4 или N_2O ; a – вид топлива (дизтопливо, бензин, природный газ, сжиженный нефтяной газ, электроэнергия); b – тип ТС; c – экологический класс; d – условия эксплуатации (городские или сельские дороги); $AD_{a,b,c,d}$ – годовой пробег по дороге типа d ТС класса b , работающих на топливе вида a , имеющего экологический класс c , км; $EF_{a,b,c,d}$ – коэффициент выбросов CO_2 , CH_4 или N_2O для ТС класса b , работающего на топливе вида a и имеющего экологический класс c на дороге типа d , г/км; $C_{a,b,c,d}$ – выбросы при пуске и прогреве двигателей (холодный пуск), г/год.

В качестве *показателя уровня выброса* CO₂ отдельными моделями АТС используется удельный массовый выброс на километр пробега (г/км).

Методической и информационной основой для оценки энергоэффективности АТС категории M₁ и N₁ и выброса ими CO₂ являются Правила ЕЭК ООН №101 Женевского Соглашения 1958 года, применяемые и в Таможенном союзе. Правила распространяются на автомобили категории M₁ и N₁ и устанавливают единообразные методы измерения:

- выбросов диоксида углерода (CO₂) и расхода топлива и/или процедур измерения потребления электроэнергии и запаса хода на электроприводе транспортных средств, приводимых в движение только двигателем внутреннего сгорания, либо при помощи гибридного электропривода;
- потребления электроэнергии и запаса хода транспортных средств, приводимых в движение только при помощи электропривода.

Показатели *топливной экономичности* конкретной модели автомобиля определяются при его испытаниях по стандартным ездовым циклам, как правило, в лабораторных, реже в лабораторно-дорожных условиях. При этом в Российской Федерации, как впрочем и в странах ЕС, не установлены нормативные требования к топливной экономичности конкретных категорий колесных транспортных средств. В действующих нормативных документах в России и странах ЕС (таблица 2.22) установлена только методика измерения показателей топливной экономичности и выбросов CO₂.

Таблица 2.22

Нормативные документы, в соответствии с которыми определяются характеристики автомобилей (по выбросам CO₂ и экономичности) при их сертификации

Показатель	Россия (только метод определения)	Страны ЕС
Определение потребления энергии и расхода топлива ТС	Правила ООН №101-03, №49-06	Правила ЕС 692/2008 (метод определения показателей)
Выбросы CO ₂	Правила ООН №101-03, №49-06, № 83	Методы определения показателей и требования к ним: <ul style="list-style-type: none"> - Правило 443/2009 от 23.04.2009 - Регламент (ЕС) 510/2011 от 11.05.2011 (для N1) - Правило 725/2011 от 25.07.2011 - Правило 195/2013 от 07.03. 2013 В Правилах 443/2009 для производителей ТС установлены нормативные требования в отношении средних значений выбросов CO ₂

Собственно, определение выбросов CO_2 производится по методике, изложенной в Правилах ЕЭК ООН № 83-02...07 (Приложение № 4 А). Расход топлива рассчитывается на основе результатов газового анализа, используя принцип углеродного баланса на основе измерений общего массового объема выбросов углеводородов, оксида углерода и диоксида углерода.

Справка. Аналогичные Правила ЕС 692/2008 распространяются на ТС категорий M_1, N_1, M_2, N_2 с контрольной массой менее 2 610 кг. Методы испытаний и оценки результатов испытаний совпадают с требованиями Правил ЕЭК ООН №101. Отличаются от Правил №101 рядом технических дополнений.

Для ТС, не попадающих под действия Правил ЕЭК ООН № 101, используются Правила ЕЭК ООН № 49-06. Эти Правила распространяются на транспортные средства категорий M_1, M_2, N_1 и N_2 , контрольная масса которых превышает 2610 кг, и на все механические транспортные средства категорий M_3 и N_3 .

Требования в отношении определения выбросов CO_2 изложены в приложении № 12 Правил ЕЭК ООН № 49-06. Выбросы CO_2 и расход топлива определяют при выполнении цикла переменных режимов (WHTC) и стационарных режимов (WHSC) в соответствии с пунктами 7.2-7.8 Приложения 4. Результаты испытаний представляют в виде усредненных за цикл показателей выбросов двигателя при стендовых испытаниях, которые выражаются в г/кВт-ч. Измерение CO_2 производят методом недисперсной инфракрасной спектроскопии. Выброс CO_2 определяется интегрированием мгновенных значений концентраций CO_2 и расхода отработавших газов при выполнении цикла.

Все перечисленные Правила ООН распространяются на автомобили, использующие различные типы силовых установок и работающие на разных видах нефтяного и газового топлива. Подробные технические описания сертифицируемого типа ТС по заданному шаблону предоставляются производителем и затем включаются в Одобрение типа ТС (ОТТС). В дальнейшем ОТТС может являться официальным документом для наполнения официальных баз данных.

В отношении тяжёлых коммерческих ТС (грузовые автомобили и автобусы) в рамках Глобального Соглашения 1998 года разработан лишь метод определения выброса CO_2 (вошел приложением к Правилам ЕЭК ООН № 49-06), на основе которого набирается статистика результатов испытаний и делаются выводы о возможности классификации транспортных средств по данному параметру.

В то же время, с точки зрения топливной экономичности и контроля выбросов CO_2 , тяжелые коммерческие грузовые автомобили и автобусы зачастую остаются за пределами рассмотрения, хотя именно эта категория транспортных средств выполняет основной объем транспортной работы,

приходящийся на автомобильный транспорт. Включение этих категорий ТС в программы повышения энергоэффективности и сокращения выбросов парниковых газов весьма актуально, и определенные шаги в этом направлении уже делаются. В частности, интересно рассмотреть опыт США в данной сфере. Программа снижения выбросов CO₂ тяжелыми транспортными средствами в США разработана и реализуется совместно Агентством по охране окружающей среды (EPA) и Национальной администрацией безопасности дорожного движения (NHTSA), и закреплена федеральным законодательством [60, 61]. По оценкам разработчиков реализация программы позволит снизить выбросы CO₂ на 270 миллионов тонн и сэкономить 530 миллионов баррелей нефти за полный срок эксплуатации автомобилей, произведенных в 2014-2018 модельных годах. При этом чистый экономический эффект реализации программы оценивается в 49 миллиардов долларов. Требования, установленные в Программе, распространяются как на транспортные средства, так на их двигатели. В частности, для тягачей с трейлерами установлены требования для 9 подкатегорий в зависимости от полной массы (включая массу прицепа трейлера), типа кабины водителя и высоты крыши трейлера (таблица 2.23).

Таблица 2.23

Требования США (EPA, NHTSA) в отношении тягачей по выбросам CO₂ и потреблению топлива с 2017 г.

Класс и подкатегория	CO ₂ , г/тонна-мили (EPA)			Потребление топлива, галл./ 1000 тонно-мили (NHTSA)		
	Низкая крыша	Средняя крыша	Высокая крыша	Низкая крыша	Средняя крыша	Высокая крыша
Класс 7, кабина без спального места	104	115	120	10.2	11.3	11.8
Класс 8, кабина без спального места	80	86	89	7.8	8.4	8.7
Класс 8, кабина со спальным местом	66	73	72	6.5	7.2	7.1

Следует отметить, что указанные требования не предъявляются к производителям трейлеров, а только к производителям тягачей и двигателей к ним.

Показатели топливной экономичности и уровня выбросов CO₂ в период эксплуатации АТС, как правило, не проверяются, но соответствие у про-

веряемого автомобиля уровня выбросов ЗВ установленным требованиям косвенно подтверждает и стабильность показателей топливной экономичности.

2.2.5. Пути решения транспортных проблем в городах

Как отмечал известный американский урбанист В. Вучик [62], опыт многих стран мира, накопленный в последние десятилетия, показывает, что решение транспортных проблем, особенно в средних и крупных городах, может быть найдено лишь с помощью системного подхода, который предполагает:

- знание потенциальных возможностей, характеристик и показателей воздействия различных видов транспорта на городскую среду;
- отношение к транспорту, как к функциональной системе, состоящей из различных элементов, интегрированных в целях оптимального их использования (мультиmodalность построения транспортных систем);
- согласованные усилия, направленные на достижение баланса между предпочтениями отдельных людей и эффективностью функционирования транспортной системы города и городской агломерации в целом;
- учёт краткосрочной и долгосрочной роли различных видов транспорта, их влияния на природную и традиционную городскую среду;
- обязательный учёт аспектов социальной справедливости: транспортная система должна обеспечивать разумный уровень мобильности всего населения;
- использование в первую очередь видов АТС, способных содействовать формированию ориентированной на человека городской среды;
- подготовку поэтапного плана внедрения мероприятий, направленных на создание города, удобного для жизни.

С чем же надо «бороться», чтобы снизить в городах негативные последствия и угрозы автомобилизации? Первоочередными задачами здесь являются: сокращение суммарного пробега автотранспорта, совершенствование режимов его движения, улучшение экологических характеристик используемых АТС и моторных топлив, расширение использования на транспорте альтернатив двигателям внутреннего сгорания (ДВС). В самом общем виде уровень негативных последствий использования автотранспорта можно выразить как:

✓ выбросы ЗВ:
$$M_j = \frac{1}{1000} \sum_i \sum_j a_{ij} \times L_j \times N_j$$

✓ аварийность:
$$K_{ДТП} = \sum_m \beta_m \cdot L_m \cdot N_{\Sigma m}$$

✓ транспортные затраты:
$$F_1 (L_m \cdot N_{\Sigma m}, \text{пропускная способность})$$

✓ разрушение/износ дорожного покрытия:

$F_2 (L_m \cdot N_{\Sigma m}, \text{состав движения, осевые нагрузки}),$

где M_j – суммарная масса j -того вещества, выброшенного в атмосферу, кг;

α_{ij} – удельный выброс i -того вещества j -тым типом автотранспортных средств, г/авт-км;

L_j – суммарный пробег j -того типа АТС за определенный период, км;

N_j – количество АТС j -того типа, участвовавших в дорожном движении за рассматриваемое время, авт.;

$K_{\text{дтп}}$ – суммарное количество ожидаемых ДТП на участке УДС m ;

β_m – удельный коэффициент аварийности для участка m , рассчитываемый для участков УДС на основе статистики аварийности, ДТП/10⁶ авт-км;

L_m – длина участка m , км;

$N_{\Sigma m}$ – суммарная интенсивность движения на участке m за рассматриваемое время, авт.;

F_1 и F_2 – соответствующие функционалы.

Таким образом, из приведенных самых общих формул видно, что для снижения рассматриваемых негативных последствий работы транспорта мы должны в первую очередь по возможности снижать суммарный пробег автомобилей $L \cdot N$ (т. е. число и протяженность поездок/перевозок или транспортную мобильность) и переориентировать эти поездки на наиболее безопасные для жизни и здоровья людей виды транспорта и типы транспортных средств. Совершенствование конструктивных характеристик АТС (их пассивной, активной и экологической безопасности, топливной экономичности), а также характеристик условий движения АТС на участках УДС (в совокупности отражаемых в формулах удельными показателями α_{ij}, β_m), также, безусловно, является важным резервом повышения безопасности и экологичности работы автотранспорта.

Основными путями сокращения поездок на личном АТС являются:

- сокращение генерации транспортного спроса за счет повышения доступности объектов транспортного притяжения и развития инструментов замещения мобильности (дистанционная работа, Интернет-торговля и т. д.);

- внедрение доступных и качественных альтернатив использованию личного автомобиля (немоторизованные виды передвижения, общественный пассажирский транспорт, совместное использование легковых автомобилей) и механизмов управления транспортной мобильностью;

- внедрение современных сервисов, персонализирующих получение транспортных услуг и обеспечивающих их требуемое качество;

- использование различных мер дестимулирования использования личного автотранспорта (парковочная политика, «экологические зоны»,

физическое перераспределение дорожного пространства и др.);

- внедрение современных транспортных и информационных технологий, позволяющих повысить эффективность, доступность и безопасность транспортных услуг.

Для грузового автотранспорта снижение суммарного пробега в городах может быть достигнуто за счет:

- совершенствования грузовой логистики;
- внедрения «грузовых каркасов» городов;
- совершенствования управления грузовыми перевозками, внедрения соответствующих цифровых сервисов.

Решение перечисленных выше транспортных проблем возможно только на основе использования рассматриваемых ниже комплексных подходов, обеспечивающих **устойчивость функционирования транспортных систем**.

2.2.6. Новая реальность – отказ от использования двигателей внутреннего сгорания?

Негативное воздействие автотранспорта на климат (легковые автомобили и микроавтобусы по последним данным являются причиной 16% всех выбросов парниковых газов в Европе)⁵ привело к принятию европейскими правительствами и депутатами Европарламента соглашения о прекращении продаж в странах ЕС новых автомобилей и автофургонов с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) к 2035 году. Предполагается, что к этому году все легковые и легкие коммерческие автомобили, продаваемые на территории ЕС, должны будут иметь нулевой уровень выбросов CO₂. В соответствии с достигнутым соглашением, автопроизводители должны будут сократить выбросы CO₂ от новых автомобилей, продаваемых в 2030 году, на 55% по сравнению с 2021 годом, а к 2035 году обеспечить полное прекращение таких выбросов. Предполагается, что к этому времени автозаводы полностью перейдут на производство автомобилей с электродвигателями. Безусловно, это потребует различных мер поддержки автомобильной промышленности и потребителей (покупателей автомобилей) – например, схем субсидий для автопроизводителей, субсидирование лизинга электромобилей, изменение схем налогообложения, изменение систем взимания платы на дорогах и парковках и т. д.

Параллельно сейчас ведутся работы по подготовке нового стандарта на выбросы «Евро-7» с еще более жесткими ограничениями выбросов для автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, который может стать последним для данного типа двигателей и принятие которого может в зна-

⁵ По данным Transport&Enviroment, 27.10.2022

чительной мере ускорить переход мирового автопрома на производство автомобилей с электроприводом. Действующий экологический стандарт «Евро-6» был принят в 2014-м, разные его редакции вступали в силу в Евросоюзе в период с 2014 по 2020 гг. Новый стандарт «Евро-7» может быть введен с 2025 года. Данный стандарт ужесточает требования к выбросам в атмосферу углекислого газа и оксидов азота бензиновых и дизельных двигателей.

Нормативные требования для нового экологического стандарта уже предложены, хотя пока не согласованы окончательно. В первую очередь, стандарт затрагивает автомобили с дизельными двигателями, ограничивая эмиссию оксидов азота NO_x сразу на 25% – с нынешних 80 мг/км («Евро-6») до предельных 60 мг/км. Таким образом, бензиновые, дизельные и гибридные автомобили по этому показателю будут уравнены. «Евро-7» будет также регламентировать выбросы твердых частиц, образующихся от износа тормозных накладок и шин (PM и PN – показатели, показывающие массу выбрасываемых частиц и их количество), которые становятся одними из основных загрязнителей воздуха в городской среде. Кроме этого, если экологический стандарт «Евро-6» требовал от автомобилей обеспечения строгого соответствия нормативам выбросов в течение первых 5 лет и 100 000 км пробега, то «Евро-7» увеличивает этот лимит вдвое – до 200 000 км и 7 лет.

Автопроизводители смогут уложиться в такие жёсткие нормы «Евро-7» при использовании следующих решений:

- при помощи использования многоступенчатого «суперсложного катализатора». Для бензиновых автомобилей он должен состоять из подогреваемого нейтрализатора, пары обычных трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов (объемом один литр каждый) и 2,0-литрового фильтра твердых частиц (рисунок 2.20)⁶;

- оснащения автомобиля сложной бортовой системой диагностики, которая будет контролировать двигатель для того, чтобы гарантировать его соответствие требованиям по выбросам на протяжении первых 240 000 км пробега.

В связи с принятием стандарта «Евро-7» можно ожидать, что уже в ближайшее время рынок автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями в Европе начнет резкое падение. Внедрение стандарта «Евро-7» сделает автомобили с ДВС дорогими в производстве, а соответственно и недоступными для обычного потребителя. В итоге, это приведет к полному исчезновению на рынке бюджетных моделей с ДВС, производителям

⁶ Европейская ассоциация автопроизводителей ACEA утверждает, "что установка такого большого и дорогостоящего устройства в небольшом автомобиле практически невозможна, и его очень сложно интегрировать во многие существующие автомобильные архитектуры, что приведет к росту цен". Кроме этого, ACEA отмечает, что даже в рамках действующего стандарта "Евро-6d" ограничения по твердым частицам настолько малы, что большая часть их выбросов происходит от тормозов и шин.

придется перейти на выпуск только гибридов и электромобилей [63]. Возможной тенденцией может стать и перемещение производств автомобилей с ДВС в страны третьего мира, а также резкий рост экспорта в них подержанных автомобилей с ДВС из развитых стран.

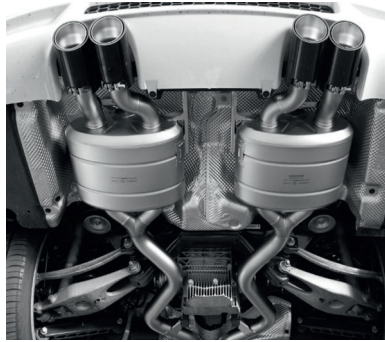


Рис. 2.20. Многоступенчатый сложный каталитический нейтрализатор для выполнения требований «Евро-7»

Контрольные вопросы:

1. Негативные последствия автомобилизации.
2. Перегруженность улично-дорожных сетей. Транспортные заторы. Основная диаграмма транспортного потока. Методы оценки уровня перегруженности улично-дорожных сетей. Показатели, характеризующие уровень заторов. Динамика возникновения заторов.
3. Дорожно-транспортная аварийность. Основные показатели для оценки уровня безопасности дорожного движения. Основы подхода к построению безопасных транспортных систем.
4. Влияние автотранспорта на состояние атмосферного воздуха. Экологические требования к автотранспортным средствам. Экологические характеристики автотранспортных средств. Конструктивные требования к выбросам автотранспортных средств.
5. Методы контроля выбросов от автотранспорта. Дистанционное зондирование выбросов.
6. Методические основы расчета выбросов от автотранспорта.
7. Выбросы климатических газов от автотранспорта.

2.3. Устойчивость городских транспортных систем

Рассматривая вопрос об устойчивости транспортных систем, следует в первую очередь остановиться на принятых мировым сообществом Целях Устойчивого Развития (ЦУР). 25 сентября 2015 года Генеральная Ассамблея ООН утвердила «Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», которая включает в себя 17 Целей в области устойчивого развития. Эти цели предусматривают продолжение и расширение работы, начатой в период действия Целей развития тысячелетия, и окончательное достижение тех целей, которых не удалось достичь. Принятая Повестка дня носит комплексный и неделимый характер для обеспечения сбалансированности трех компонентов устойчивого развития: экономического, социального и экологического.

17 целей устойчивого развития (ЦУР) включают в себя (рисунок 2.21) (см. цветную вклейку):

- **Цель 1.** Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах.
- **Цель 2.** Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства.
- **Цель 3.** Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.
- **Цель 4.** Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех.
- **Цель 5.** Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек.
- **Цель 6.** Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех.
- **Цель 7.** Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех.
- **Цель 8.** Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.
- **Цель 9.** Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям.
- **Цель 10.** Сокращение неравенства внутри стран и между ними.
- **Цель 11.** Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов.
- **Цель 12.** Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства.
- **Цель 13.** Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

• **Цель 14.** Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.

• **Цель 15.** Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия.

• **Цель 16.** Содействие построению миролюбивого и открытого общества в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях.

• **Цель 17.** Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

Хотя ЦУРы напрямую не содержат упоминания транспорта, ряд из них напрямую связан с транспортной деятельностью и не может быть реализован без соответствующего активного вмешательства в работу транспортных систем. Среди этих целей в первую очередь надо отметить цель 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости **городов и населенных пунктов**» и цель 13 «Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями». Кроме этого, цели 3, 8 и 12 также предполагают меры в области совершенствования транспортных систем.

В [64] приводится следующее определение устойчивого городского транспорта и градостроительства: «рациональное землепользование и устойчивая транспортная система должны:

- обеспечивать эффективный доступ к товарам и услугам жителям городской территории;
- позволять обеспечить защиту окружающей среды, культурного наследия и экосистем для нынешнего поколения;
- не ставить под угрозу возможность для будущих поколений достичь уровня благосостояния, по меньшей мере, равного нынешнему, включая компоненты благосостояния, источником которых является природная среда и культурное наследие».

Устойчивость транспортной системы определяется ее способностью обеспечивать качественное удовлетворение потребностей общества в перевозках при одновременной минимизации негативных воздействий на жизнь и здоровье людей, на состояние окружающей среды, на уровень экономических потерь, связанных с движением автотранспорта (рисунок 2.22).

Словарь «Oxford Dictionary» еще в середине 80-х годов прошлого века дал следующее определение «устойчивому транспорту»: «транспорт такой как ходьба пешком, езда на велосипеде и экономичный общественный транспорт, который сводит к минимуму вредное воздействие на окружающую

щую среду и истощение природных ресурсов, может быть устойчивым в долгосрочной перспективе».

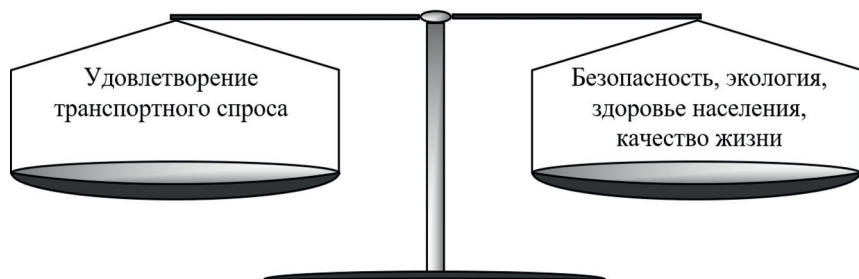


Рис. 2.22. Политика, направленная на обеспечение устойчивости городских транспортных систем, получила название «устойчивой городской транспортной политики»

Европейский Союз [65] определил устойчивый транспорт (или устойчивость транспорта) как «способность удовлетворять потребности общества в свободном передвижении, получении доступа, общении, торговле и установлении отношений без ущерба для других важных человеческих или экологических ценностей сегодня или в будущем» (ЕС, 2003). Показатели транспортной устойчивости, которые относятся к оценке состояния транспортной деятельности, характеризуют пять аспектов устойчивости (экономической, экологической, социальной, технической и институциональной).

Устойчивость функционирования транспортной системы обеспечивается путем реализации т. н. «устойчивой транспортной политики». Её отличия от традиционной состоят в следующем [66]:

- традиционная транспортная политика направлена на повышение эффективности работы транспортной системы, а возникающие при этом негативные последствия оцениваются *post factum* и по ним принимаются меры, направленные на их снижение;
- устойчивая транспортная политика основана на учете критериев безопасности, экологичности и др. на этапе принятия всех управленческих решений, связанных с планированием и организацией работы транспортной системы.

Устойчивость транспортных систем обеспечивается за счет согласованной реализации транспортной и градостроительной политик, политик в области землепользования, охраны окружающей среды, обеспечения безопасности дорожного движения (рисунок 2.23). Понятие «устойчивости» транспорта должно включать и такое свойство, как инклюзивность, т. е. равную доступность транспортных услуг для всех категорий пользовате-

лей.

Концепция «устойчивых городских транспортных систем» или «устойчивой мобильности» **в традиционном понимании** направлена на обеспечение мобильности населения за счет переориентации транспортного спроса на более безопасные и «экологически чистые» виды транспорта («планирование городской мобильности»). Главной целью любой эффективной стратегии городской мобильности является удовлетворение транспортных потребностей как людей, так и бизнеса с целью улучшить качество жизни населения и повысить конкурентоспособность города, региона и/или страны.

Однако при всех положительных моментах данного подхода, в той или иной мере реализуемого администрациями многих крупных городов, необходимо признать, что он исходит **из прогнозируемого транспортного спроса, под который проектируется система транспортного обслуживания населения.** Проектирование городов и их транспортной инфраструктуры «вокруг» движения транспорта продолжает порождать указанные выше высокие экстерналинные эффекты транспортной деятельности.

В свете различных международных инициатив можно определить основные общие принципы и приоритеты создания устойчивых городских транспортных систем [3]:

- фокусирование в первую очередь на людях и их потребностях;
- повышение качества жизни и обеспечение потребностей всех людей в равном, безопасном и справедливом доступе к местам, объектам, товарам, услугам и другим людям;
- обеспечение сбалансированного развития и взаимоувязки всех видов городского транспорта и приоритетного использования наиболее «экологически чистых» и безопасных видов транспорта и передвижения (пешеходы, велосипедисты, общественный транспорт, городские железные дороги);
- обеспечение формирования качественных пакетов мер и решений для достижения экономически эффективных результатов и содействия продолжительному социально-экономическому росту;
- использование инструментов межсекторального планирования (эффективная взаимоувязка транспортного и городского планирования, здравоохранения, охраны окружающей среды, энергоэффективности; нахождение баланса между удовлетворением транспортного спроса общества и экономики и возможными негативными последствиями транспортной деятельности и т. д.);
- обеспечение потребностей экономики в своевременной и безопасной транспортировке грузов;
- обеспечение гарантированного сокращения негативного влияния транспортной деятельности на состояние окружающей среды и здоровье

людей;

- вовлечение в процесс транспортного планирования и принятия решений ключевых стейкхолдеров, общественности и местных жителей;
- защита прав как живущих, так и будущих поколений.



Рис. 2.23. Факторы, определяющие устойчивость транспортной системы

Система устойчивого городского транспорта должна успешно справиться с негативными внешними и внутренними факторами и в то же время выполнять свою основную функцию – обеспечивать мобильность, в том числе для маломобильных, малоимущих и других уязвимых групп населения [67].

Транспортная политика, направленная на обеспечение устойчивости городских транспортных систем («устойчивая транспортная политика») должна безусловно ориентироваться на изменения в транс-

портном поведении населения и перспективные тенденции развития транспорта и инноваций (в т. ч. на так называемое «замещение мобильности» за счет развития дистанционных методов работы и обучения, различных он-лайн сервисов и т. д.). Это становится особо актуально в условиях, связанных с возникновением новых реалий существования общества («новая нормальность»). Ситуация с пандемией COVID-19 привела к изменению многих сторон нашей жизни, к определенным изменениям в поведении людей. Во многом возможность этих изменений поддерживалась и поддерживается быстрой цифровизацией экономики и общества.

Для измерения и оценки степени устойчивости транспортных систем был предложен целый ряд показателей [68]. Разработка и использование подобных показателей может играть важную роль в процессах принятия решений в сфере транспорта. В Приложении 3 приведены некоторые показатели, которые могут использоваться для оценки устойчивости городских транспортных систем.

Контрольные вопросы:

1. Цели устойчивого развития.
2. Устойчивость городских транспортных систем, «цели устойчивого развития».

2.4. Качество жизни в городах

Качество жизни является сложной социально-экономической категорией, относящейся к теории социального благополучия и трактуемой различными источниками и экспертами очень по-разному. Оценка качества жизни (Quality of Life – QoL) носит многомерный характер и строится на различных оценочных показателях – экономических, социальных и субъективных (индивидуальных или семейных). Концепция обеспечения качества жизни особенно важна для формирования городской среды, поскольку правильное городское планирование может способствовать быстрому экономическому и социальному развитию городов, но в случае возможных планировочных ошибок может также создавать многочисленные проблемы, такие как **рост плотности населения и объемов дорожного движения, нехватка жилых площадей, рост шума и загрязнения окружающей среды, объемов отходов и т. д.** Именно поэтому для реалистичной оценки качества жизни в

городах необходимо рассматривать широкий спектр измерений и переменных, характеризующих различные стороны городской жизни. Несомненным является и то, что обеспечение устойчивости городских транспортных систем является необходимым условием создания городов, удобных для жизни. Такие факторы, как доступность объектов тяготения, качество окружающей среды, уровень безопасности движения, средние затраты времени на передвижения, являются важными составляющими при оценке качества жизни в городах. В то же время соответствующие модели оценки несомненно варьируются для разных городов в зависимости от численности жителей, размера их территории, уровня развития городской экономики. Каждый тип города характеризуется своим ритмом и стилем жизни, своими запросами горожан, их приоритетами в оценках удобства городской среды. Нельзя сравнивать показатели качества жизни (по крайней мере их пороговые значения!) для мегаполисов и маленьких городов. Опять же нельзя, используя одну и ту же модель, корректно сравнивать города, находящиеся в разных географических районах и имеющие разные национальные системы ценностей и культурные особенности. Эта ситуация порождает необходимость в использовании различных моделей оценки качества жизни для разных типов городов и городских агломераций.

Последствия пандемии COVID-19, негативные последствия увеличения использования личного автотранспорта и неумолимо надвигающийся климатический кризис в последние годы привели к росту интереса к активной мобильности и обеспечению доступности различных объектов тяготения населения за счет увеличения их пространственной близости. В частности, в качестве концепций будущего городского планирования были выдвинуты идеи «15-минутного города», «20-минутных кварталов» и «X-минутных городов». Реализация подобных градостроительных концепций обещает создать более устойчивые, более пригодные для жизни и справедливые с точки зрения получения социальных благ города за счет организации районов с плотной и функционально разнообразной застройкой с местами концентрации различных видов деятельности и услуг в непосредственной близости от мест проживания населения. Основная идея «X-минутного города» заключается в сокращении автомобильного движения, как основного источника транспортных проблем в городах, за счет простого устранения необходимости в поездках с его использованием. Идея состоит в том, что если люди смогут добираться до самых важных повседневных пунктов назначения за короткое время пешком, на велосипеде или на общественном транспорте, то они сами в большинстве случаев откажутся от использования автомобиля. В итоге это должно привести к созданию более устойчивых и пригодных для жизни городов. Наиболее пригодные для жизни города мира – это неофициальное название, данное «любому списку городов» в соответствии с их ранжированием в ежегодном обзоре условий жизни. В

дополнение к обеспечению чистой водой, чистым воздухом, достаточным питанием и кровом, «пригодный для жизни» город должен также вызывать чувство общности и предлагать удобные условия жизни и пребывания для всех, создавать возможности для развития социальных навыков, формировать чувства автономности и идентичности» [69, 72]. Примерами рейтингов таких городов являются, например, «Исследование качества жизни» журнала «Monocle», «Глобальный рейтинг пригодности для жизни» Economist Intelligence Unit, «Исследование качества жизни» консалтинговой фирмы «Mercer», краудсорсинговая глобальная база данных «Numbeo» [70]. Исследования, позволяющие получить показатели качества жизни в городской среде (городах), периодически проводятся и национальными, и международными организациями.

Примеры: Журнал о стиле жизни «Monocle» с 2006 года публикует ежегодный список городов, наиболее пригодных для жизни («Индекс самых пригодных для жизни городов»). Важными критериями в этом опросе являются безопасность / преступность, международные связи, климат / солнечный свет, качество архитектуры, **общественный транспорт**, толерантность, **экологические проблемы** и доступ к природе, **городской дизайн**, условия ведения бизнеса, активные политические разработки и медицинское обслуживание. Исследование Monocle, проведенное в 2021 году, показало, что самым пригодным для жизни городом в мире является Копенгаген, за которым следуют Цюрих, Хельсинки и Стокгольм [70].

Ежемесячный финансовый журнал Global Finance на английском языке публикует список лучших городов мира для жизни, основанный на баллах, отражающих полный список из восьми факторов. К ним относятся: экономическое развитие; исследования и разработки; культурное взаимодействие; **пригодность для жизни; окружающая среда; доступность; ВВП на душу населения** (номинальный в долларах США) и смертность от COVID-19 на миллион человек в стране [71].

Американская консалтинговая фирма Mercer по глобальным кадровым ресурсам и связанным с ними финансовым услугам ежегодно публикует свой опрос Mercer Quality of Living Survey, в котором сравнивается 221 город на основе 39 критериев. Нью-Йорку присваивается базовый балл 100, а другие города оцениваются в сравнении с ним. Важными критериями являются **безопасность**, образование, гигиена, здравоохранение, культура, **окружающая среда**, отдых, политико-экономическая стабильность, **общественный транспорт и доступ к товарам и услугам**. Этот список призван помочь многонациональным компаниям решить, где открывать офисы или заводы и сколько платить сотрудникам. Компания «Mercer» с 2009 года ставит столицу Австрии Вену на первое место в своем ежегодном исследовании «Качество жизни».

3. ОСНОВЫ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

3.1. Транспортное поведение населения

Рассмотрим несколько определений, которые будут важны для последующего рассмотрения транспортного поведения населения, транспортного спроса и работы транспортных систем.

Подвижность (мобильность) населения. Согласно Д.С. Самойлову, **подвижность населения** – это статистический показатель, вычисляемый как среднее число перемещений на человека в год. Транспортная подвижность учитывает только перемещения, совершаемые при помощи транспорта. Общая подвижность населения включает в себя и пешие передвижения [73].

На подвижность (мобильность) населения оказывают влияние различные факторы:

- Уровень жизни и благополучие населения;
- Транспортная обеспеченность территории;
- Размеры и планировка территории;
- Численность населения;
- Расположение центров приложения труда и мест отдыха;
- Социально-психологические факторы.

Транспортный спрос определяется как количество поездок, которые отдельные лица/компании готовы (желают) выполнить в существующих условиях (цена и время поездки, общие затраты на поездку, антикриминальная безопасность, комфорт, безопасность движения и т. д.).

Передвижением будем называть любое изменение пространственных координат человека или движимого физического объекта. **Передвижение** может осуществляться как с помощью транспортных средств, так и с использованием физических возможностей человека (например, пешеходное передвижение, использование немоторизованных средств индивидуальной мобильности, кроме велосипеда).

Поездки представляют собой (в основном) реализованный спрос. Поездкой может быть названо любое передвижение человека с использованием транспортных средств (личный автомобиль, общественный пассажирский транспорт, велосипед, моторизованное средство индивидуальной мобильности и т. д.). Совокупность поездок, совершаемых одним видом транспорта в одно время и на одной территории, формирует пассажирские перевозки и дорожное движение на улично-дорожной сети. По целям передвижения поездки принято подразделять на: трудовые, служебные, культурно-бытовые, социальные и учебные. Соотношение поездок во многом зависит от характеристик конкретного города, уровня благосостояния населения, его половозрастной

структуры, размещения объектов жилой и производственной застройки, объектов социально-культурной сферы и т. д. Передвижения и поездки могут быть простыми и сложными. К первым относятся те, которые совершаются от пункта отправления до пункта назначения на транспорте без пересадок или только пешком. Ко вторым – сочетающие пешеходные передвижения и поездки на транспорте с пересадками. Во втором случае принято рассматривать цепочки передвижений (туры).

Перемещения грузов и других физических объектов по улично-дорожным сетям городов формируют **перевозки грузов**, являющихся самостоятельным сложным объектом управления в транспортно-логистических системах.

Цепочки передвижений (туры) – это последовательность **передвижений людей**, которая начинается и заканчивается в одном месте (обычно дома), например, «дом–работа–магазин–дом».

Транспортное предложение (согласно М.Р. Якимову [227]) – «совокупность имеющихся на отдельной территории средств транспортировки». Очевидно, что в такой расширительной формулировке под средствами транспортировки должны пониматься как транспортные средства, так и вся транспортная инфраструктура, предназначенная для обеспечения их движения, а также все дополнительные факторы обеспечения перевозок (кадры, система топливообеспечения и т. д.). **Транспортное предложение** может быть формализовано как провозная способность **транспортной** инфраструктуры и систем транспорта, как правило, для географически определенной транспортной системы или отдельной территории.

Близость (или приближение) – нахождение объектов на небольшом расстоянии от чего-либо/кого-либо. Как отмечал Р. Серверо [74], «города могут стать более доступными как за счет увеличения мобильности (скорости сообщения между точками А и В), так и за счет увеличения близости (уменьшения расстояния между точками А и В) или за счет комбинирования того и другого».

Оценки показывают [75, 87], что свободное время работающего человека составляет примерно 7 часов в сутки. Около 8 часов в сутки приходится на работу, 9 часов – на сон и личные потребности. Если человек ежедневно тратит 1,5 часа в сутки на поездки, то транспорт «забирает» у него 20% свободного времени. Ежедневные затраты времени на поездки увеличиваются с ростом численности населения городов, достигая в больших городах величины 2 часа и более.

Время, которые жители городов готовы потратить на передвижения, они определяют для себя самостоятельно: при повышении скоростей сообщения многие предпочитают не сокращать время поездок, а увеличивать выбор рабочих мест и иных целей поездок за счёт расширения территории, достижимой за приемлемое для человека время поездки (максимально до

1–1,5 часов в одну сторону).

Согласно исследованию транспортного поведения домохозяйств в Российской Федерации, проведенному в 2014 г. [75], число ежедневных передвижений жителей городов и населенных пунктов составило в среднем 3,1. Средняя ежедневная подвижность (передвижений в день) для различных населенных пунктов составила (таблица 3.1):

Таблица 3.1.

Средняя подвижность (мобильность) населения в зависимости от типа населенного пункта (передвижений в день) [75]

Тип н/п Подвижность	Более 1 млн	От 500 тыс. до 1 млн	От 250 до 500 тыс.	От 100 до 250 тыс.	От 50 до 100 тыс.	Менее 50 тыс.	Поселок	Село
Общая	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,0	3,0
Транспортная	2,4	2,1	2,0	2,2	1,9	1,9	2,0	2,0

Как показало данное исследование, в среднем 31% всех передвижений осуществлялись «по личным и семейным нуждам» и 29% – «по рабочим делам». В городах-миллионниках доля рабочих передвижений в среднем составляла 30%. Средние расстояния передвижения составили: для пешеходного движения – 4,6 км, для передвижения на легковом автомобиле – 16,7 км, на автобусе – 15,5 км, на метро, трамвае и троллейбусе – соответственно 23,3 км, 14,3 км и 10,4 км. Было установлено также, что среднее время каждой поездки в течение дня не превышает 30 минут и занимает не менее 20 минут. В сельских населенных пунктах доля передвижений к объектам культуры, спорта и отдыха составляли только 8%. По результатам данного исследования были получены следующие усредненные данные:

- общая подвижность населения – 20 км в день;
- медианное значение временных затрат на передвижения – 30 минут в день;
- наиболее распространенный способ передвижения – пешком.

Поездки по семейным и личным делам, а также по работе занимают доминирующее положение в структуре поездок.

Результаты исследований подвижности населения в 6 городах, выполненных ООО «А+С Транспроект», представлены в таблице 3.2.

По данным Росстата [77] общественным транспортом в городах России пользуются менее 50% жителей. На разных видах муниципального транспорта в городах ездят 42% россиян.

Таблица 3.2

**Результаты исследований подвижности населения в 6 городах
Российской Федерации (данные ООО «А+С Транспроект»)**

Город	Подвижность, поездок/чел. в день	Доля поездок, %				Среднее время поездки, мин.		
		ИТ	ОПТ	вело	пеш.	ОПТ	ИТ	среднее
Краснодар	2,77	56,8	19,1	2,6	21,5	61	53	55
Тула	2,42	41,0	40,0	19,0		44	37	41
Грозный	2,64	64,0	20,0	1,0	15,0	42	33	35
Сочи	3,9	66,7	32,2	0,7	0,4	54	54	54
Тюмень	2,81	56,9	22,4	1,2	19,6	43	31	34
Челябинск	2,48	54,9	26,3	0,2	18,6	43	29	33

Исследования, проведенные исследовательским центром кадрового Интернет-портала **SuperJob** в 2014, 2017, 2019 и 2020 гг. среди **экономически активного населения**, показало [78, 79], что:

- доля городского населения (среди опрошенной категории пользователей!), добирающегося **на работу** на общественном транспорте, в общем случае зависит от размера города (Москва – 67%, Санкт-Петербург – 58%, другие крупнейшие и крупные города – от 30 до 45%);

- улучшение качества работы системы общественного пассажирского транспорта за период с 2014 по 2019 гг. привело в ряде крупнейших и крупных городов (Москва, Новосибирск, Пермь, Тюмень, Челябинск) к некоторому увеличению доли пользующихся для поездок **на работу** общественным транспортом (на 4-6%). В других крупнейших и крупных городах России эта доля оставалась относительно стабильной или немного снизилась (на 2-5%);

- доля населения, добирающегося **на работу** на личном автотранспорте, в целом ряде крупнейших и крупных городов снизилась за период 2014-2019 гг. на 4-17% вследствие роста перегруженности улично-дорожных сетей, реализации городскими администрациями мер по совершенствованию работы общественного транспорта и одновременном введении ряда ограничительных мер на движение личного автотранспорта (парковочная политика и др.). Наименьшая доля пользующихся личным автотранспортом для поездок на работу отмечалась в 2019 г. в российских столицах – Москве (23%) и Санкт-Петербурге (31%), а наивысшая – 50-52% – в таких крупнейших городах, как Екатеринбург, Красноярск, Казань и Челябинск, а также в «столице» российского автопрома г. Тольятти (50%).

По данным социологического опроса, проведенного среди жителей

⁷ Данные (скорее всего) не учитывают пешие передвижения.

Санкт-Петербурга и прилегающих районов Ленинградской области в 2020 году по вопросу длительности передвижений между домом и работой [82], большая часть опрошенных тратит на дорогу из дома до работы и обратно примерно одинаковое время (в каждую сторону): 56-60 минут (15,2% на работу и 15,8% с работы), 26-30 минут (13,5% на работу и 11,9% с работы) или 36-40 минут (11,1% на работу и 10,5% с работы). По данным этого же опроса в будние дни наиболее востребованы жителями следующие способы передвижения: городской наземный общественный транспорт (31,9%), личный легковой автомобиль (31,2%) и метро (30,4%).

По данным опроса «Левада-центра» (май 2019) [80] 27% жителей России имели велосипед. Причем у молодежи в возрасте 18-25 лет велосипед был у 44% респондентов. Более трети (34%) из тех, у кого имеется велосипед, указали, что его следует использовать для поездок по делам.

По данным исследования компании «Яндекс» (декабрь, 2016) [81] жители Московского региона (пользователи «Навигатора») тратили на дорогу на работу в среднем 35-40 минут и примерно столько же на обратный путь. В часы «пик» время, необходимое на поездку по кратчайшему маршруту, увеличивалось практически вдвое (на 30-40 минут).

По оценке ГАУ «Институт Генплана Москвы» распределение передвижений по целям в суточной цепочке передвижений (в долях от суточной подвижности) составляет: на работу (учебу) – 28%; по делам работы – 7%; покупки, быт – 30%; культурно-досуговые – 4%; за город – 1%; возвращение домой – 30%.

Данные о соотношениях объемов передвижений пешком и с использованием транспорта по оценке ГАУ «Институт Генплана Москвы» в 2019 году существенно отличаются от данных, полученных агентством «SuperJob»:

пешком – 10%;

на пассажирском транспорте (ОПТ) – 22%;

на индивидуальном транспорте – 68%.

Как показывают приведенные данные, получаемые результаты существенно зависят от корректности проведения опросов. При этом надо отметить, что **трудовые передвижения** по результатам большинства исследований составляют значительную и устойчивую долю транспортных передвижений (корреспонденций) населения в городах (28-30%). Конкуренция за квалифицированных сотрудников заставляет компании выбирать места своей дислокации в местах с наибольшим охватом населения за приемлемое время доступа к месту работы. В России существует проблема «низкой мобильности населения» относительно мест проживания – люди редко меняют свое место жительства при смене места работы. Это частично связано с тем, что рынок долгосрочной аренды жилья с гарантией пожизненного проживания в российских городах пока слабо развит. Привязанность людей к одному месту проживания на долгий срок определяет

высокие затраты времени на поездки внутри города к выбранному месту работы. Компании, выбирая место дислокации офиса, вынуждены подстраиваться под ситуацию такой низкой мобильности относительно мест проживания. Как следствие – основные высоко востребованные рабочие места располагаются в центральной части городов, являющихся ядрами городских агломераций. Полицентричность развития города или городской агломерации таким образом дестимулируется современным состоянием рынка недвижимости и ее аренды [82]. **Эти факторы необходимо учитывать при формировании политик транспортного и территориального развития, в том числе за счёт анализа транспортного поведения населения.**

Пандемия **COVID-19** сильно повлияла на транспортное поведение пользователей транспорта в городах. Объемы перевозок общественным транспортом в 2020 году снизились **в среднем на 30-40%** по сравнению с уровнем 2019 года. В крупнейших городах (Москва и Санкт-Петербург) доля **добирающихся до работы** на общественном транспорте, согласно опросам, снизилась на 4-5%. В большинстве других городов-миллионников и крупных городов России такое снижение отмечалось в более широком диапазоне – от 2 до 9%. В то же время в нескольких городах (Самара, Ростов-на-Дону, Омск, Тольятти) отмечалось увеличение доли трудовых поездок на общественном транспорте на 2-6%. Пандемия **COVID-19** в большинстве городов снизила доверие пользователей к общественному пассажирскому транспорту и привела к увеличению спроса на поездки на работу на личных автомобилях, средствах индивидуальной мобильности. По данным опросов доля использования **личного автотранспорта** для поездок на работу увеличилась в 2020 г. по сравнению с 2019 г. на 4-5% в Москве и Санкт-Петербурге, и на 2-10% в целом ряде городов-миллионников. Однако такое увеличение спроса на поездки личным автотранспортом было отмечено не во всех крупнейших и крупных городах России. В таких городах, как Казань, Уфа, Ростов-на-Дону, Самара, Омск и ряд других, эта доля не изменилась и даже уменьшилась на 3-6%.

Ситуация с пандемией привела к изменению многих сторон нашей жизни, к определенным изменениям в поведении людей. Во многом возможность этих изменений поддерживалась и поддерживается быстрой цифровизацией экономики и общества. Устойчивость этих изменений будет зависеть как от будущей экономической ситуации, так и от закрепления новых моделей поведения, моделей трудовой деятельности и развития новых технологий, получивших толчок в период пандемии и связанных с ней ограничений, их удобства и приемлемости для людей.

Устойчивая транспортная политика должна безусловно ориентироваться на эти изменения в транспортном поведении населения и перспективные тенденции развития транспорта и инноваций (в т. ч. на так называемое «замещение мобильности»), возникновение новых

реалий существования общества («новая нормальность»).

Какие тенденции изменения мобильности выявились в условиях введения ограничений:

- сокращение рабочих поездок из-за перевода сотрудников на дистанционную работу, временной самоизоляции сотрудников, перевода на домашний режим работы жителей 65+ и страдающих хроническими заболеваниями, временного закрытия предприятий торговли и сервиса, общего снижения объемов производства и потребления;
- сокращение учебных поездок из-за перевода учебных заведений на систему дистанционного обучения;
- сокращение личных поездок как из-за вводимых ограничений, так и из-за роста обеспокоенности населения риском заболеваемости;
- сокращение объемов грузовых перевозок вследствие снижения объемов производства и торговли;
- потеря доверия населения к общественному транспорту как к источнику возможного заражения в условиях его перегруженности;
- увеличение спроса на поездки на личном автотранспорте (64% москвичей считают личный автомобиль наиболее безопасным видом транспорта!);
- развитие Интернет-торговли, увеличение доставки товаров и продуктов на дом, оказания выездных услуг.

Мобильность в период пандемии [82].

В Санкт-Петербурге с марта 2020 года зафиксировано значительное снижение общего уровня объема перевозок пассажиров городским пассажирским транспортом, также поменялась и структура поездок пассажиров в зависимости от вида билета. По данным социологического опроса 2020 г. среди жителей Санкт-Петербурга и прилегающих районов Ленинградской области по вопросу **изменения транспортного поведения во время самоизоляции и возможного изменения транспортного поведения после снятия ограничительных мер были получены следующие данные. Почти половина опрошенных (44,9%) указали, что в период соблюдения самоизоляции совершали только пешеходные перемещения на небольшие расстояния или использовали средства микромобильности. Ещё 15,2% опрошенных пользовались только личным автомобилем или такси, а 5,7% продолжили использовать общественный транспорт, но старались минимизировать поездки. Каждый третий (34,1%) не менял своего транспортного поведения. Стоит отметить, что изменение режима работы сказывается на транспортном поведении респондентов. Так, респонденты, чей режим работы даже во время ограничительных мер остался прежним, чаще остальных говорили о том, что их транспортное поведение не изменилось**

(62,3%). Те, кто полностью перешёл на удаленную работу вне офиса, совершали только пешеходные перемещения на небольшие расстояния (62,8%). Респонденты, работающие частично в офисе, частично удаленно, пользовались только личным автомобилем / такси / каршерингом (40,8%). О том, что после завершения периода самоизоляции вернуться к прежнему поведению и выбору транспорта сказали 48,2%, из которых 35,1% чаще пользуются общественным, а 13,1% — личным автотранспортом. По данным, получаемым «Дирекцией по организации дорожного движения Санкт-Петербурга», можно отметить, что показатели интенсивности движения личного автотранспорта на УДС в I полугодии 2021 г. стабильно остаются на одном уровне, незначительно (+2%) превышающем аналогичные показатели допандемийного периода 2020/2019 гг. В целом можно отметить, что несмотря на недельные колебания (как правило, обусловленные погодными условиями), средние показатели интенсивности движения личного автотранспорта на УДС в 2021 г. остаются стабильно превышающими допандемийные показатели.

В г. Казани в 2020 году общий объем перевезенных пассажиров городским пассажирским транспортом общего пользования снизился на 29,7% к уровню 2019 года и составил 183,3 млн пассажиров. Доля автобусов в общем объеме перевозок уменьшилась по сравнению с 2019 годом на 0,7% и составила 72,6%. При этом по сравнению с 2019 годом увеличилась доля электрического транспорта на 0,7% и составила 27,4% (2019 г. – 26,8%). Доля перевозок трамваями увеличилась на 0,5% и составила 6,4% (2019 г. – 5,9%) и троллейбусами на 0,2% и составила 9,3% (2019 г. – 9,1%), доля перевозок метрополитеном осталась на уровне прошлого года и составила 11,7%.

В результате введения в **Белгородской области** мер по предотвращению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции, в апреле – июне 2020 года произошло падение пассажиропотока на пассажирском транспорте общего пользования в среднем на 40%. С июля 2020 года пассажиропоток восстановил свои средние показатели. Рост пассажиропотока за первый квартал 2021 года составил 132% к соответствующему периоду 2020 года.

В Перми в связи с введением ограничительных мер установлено значительное снижение уровня пассажиропотока с марта 2020 года. Максимальное снижение количества перевезенных пассажиров произошло в апреле 2020 года – 70% по сравнению с февралем 2020 года. В связи со второй «волной» коронавирусной инфекции пассажиропоток в период октября-декабря 2020 года снизился на 13% относительно объема пассажиропотока сентября 2020 года, когда были сняты ограничительные меры.

В целом, в период пандемии увеличилась популярность использования велосипеда для поездок на работу. Два исследования (опроса) Интернет-портала SuperJob, проведенные в г. Москве и г. Санкт-Петербурге в 2018 году, а также летом 2020 и летом 2021 года [83], показали, что:

- число уже пользующихся велосипедом для поездок на работу в обоих городах остается примерно постоянным – 3-4% в Москве и 5% в Санкт-Петербурге. При этом доля мужчин, пользующихся велосипедом для поездок на работу в Москве, составила 7%, а женщин только 2%, в Санкт-Петербурге эти цифры соответственно составляли 8% и 3%;

- число желающих ездить на работу на велосипеде в 2021 г. составило 32% среди москвичей (в 2020 г. – 40%, в 2018 г. – 31%) и 37% среди жителей Санкт-Петербурга. Наиболее популярен велосипед среди молодежи (до 34 лет) – 38% и 40% желали бы ездить на работу на велосипеде в Москве и Санкт-Петербурге.

В период пандемии увеличилась доля работающих удаленно. Распространение коронавируса активизировало переход россиян на удаленный режим работы: до пандемии так трудились только 2% опрошенных, в период пандемии перешли к нему полностью или частично 16%. Доля работников, исполняющих в настоящее время свои обязанности дистанционно, различается в крупных, средних и малых населенных пунктах. В Москве и Санкт-Петербурге она равна 29%, в городах-миллионниках – 21%, в прочих населенных пунктах – 10% [9].

В период пандемии COVID-19 резко (на 44%) увеличились объемы интернет-торговли (во многом за счет роста продовольственного ритейла), что также характеризует изменение поведения населения (в т. ч. транспортного). Сейчас становится очевидным, что сложившиеся тенденции в существенной мере сохраняются на практике и после отмены вводившихся ограничений.

Контрольные вопросы:

1. Транспортное поведение населения.
2. Современные тенденции изменения мобильности в городах.

3.2. Транспортный спрос⁸

3.2.1. Транспортный спрос как базовое понятие транспортного планирования

Министерства транспорта во многих странах планируют будущие инвестиции в инфраструктуру на основе прогнозов роста транспортного спроса,

⁸ В данном разделе использованы адаптированные материалы из курса лекций Kumares C. Sinha, Samuel Labi. «Transportation Decision-Making. Principles of Project Evaluation and Programming». John Wiley and Sons Inc., 2007.

утверждая, что для удовлетворения нового спроса на перевозки необходимы новые мощности. В результате принимаются решения о расширении пропускной способности улично-дорожной сети.

Начнем с того, что включает в себя понятие «спрос» в общеэкономическом смысле. Спрос – это степень, с которой потребители стремятся получить тот или иной продукт.

Транспортный спрос является базовым понятием транспортного планирования. Транспортный спрос применительно к населению генерируется потребностью людей осуществлять различные виды общественно-экономической деятельности и социальной активности. Как экономическая категория он определяется как производственный спрос, поскольку поездки предпринимаются не ради желания путешествовать или перевозить что-то, а скорее для ожидаемой деятельности в конце поездки (прибытие на работу, совершение покупок, возвращение домой, получение или доставка товаров, производство продукции и т. д.). Помимо этого, повседневная жизнь людей генерирует различные непроездные цели передвижения (посещение родственников, совершение покупок, получение различных услуг), которые также являются важной составляющей транспортного спроса. Поэтому «продуктом», который как экономическую категорию стремятся получить потребители, в данном случае является **возможность доступа** к желаемым объектам посредством получения/приобретения транспортных услуг.

Развитие транспорта, повышение качества транспортных услуг влекут рост спроса на поездки, увеличивают доступность различных территорий, приводят к увеличению их привлекательности для застройщиков за счет роста стоимости продаваемой недвижимости и, в конечном итоге, приводят к появлению нового (сгенерированного) транспортного спроса, требующего для своего удовлетворения дальнейшего развития транспортной системы (рис. 3.1). Спрос на поездки существенно различен для городов с разной численностью и плотностью населения, с разной планировкой. Для малых и средних городов средняя протяженность поездок или передвижений относительно невелика. Для крупнейших городов и городских агломераций она существенно больше и может достигать 15-20 км. Если в первом случае вполне закономерно ставить вопрос о замещении многих поездок на личном автомобиле поездками на велосипеде или передвижением пешком (не говоря уже о средствах индивидуальной мобильности), то во втором случае поездки могут совершаться только с использованием общественного или личного автотранспорта.

Существующий транспортный спрос может удовлетворяться различными видами транспорта и передвижения. В случае городов это:

- пешеходное движение;
- велосипедное движение и другие формы индивидуальной мобиль-

ности;

- метро;
- наземный городской электротранспорт;
- городские автобусы;
- городская железная дорога;
- личный автотранспорт;
- другие виды городского транспорта (водный транспорт, канатные дороги и т. д.).

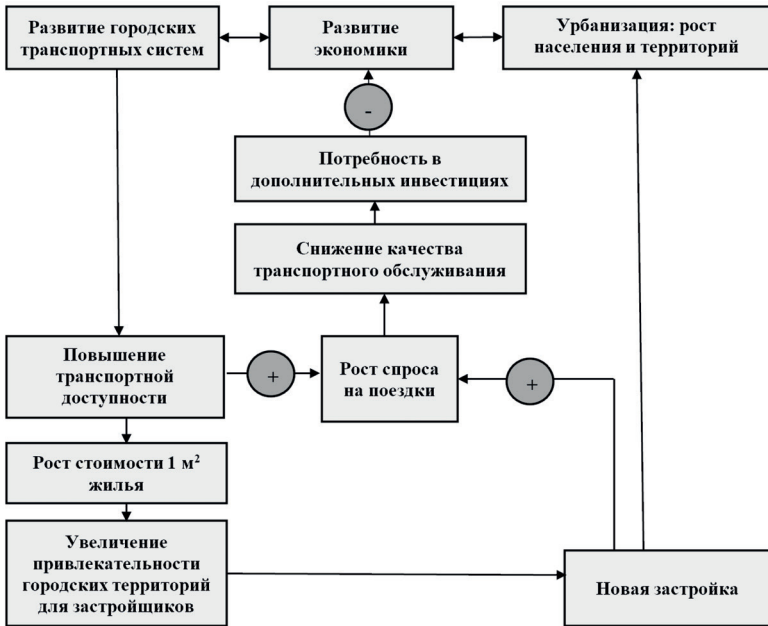


Рис. 3.1. Замкнутый цикл генерации транспортного спроса в городах

Транспортный спрос реализуется в виде совершенных передвижений/поездок (перевозок) [84]. Транспортный спрос может оставаться неудовлетворенным имеющейся транспортной системой («латентный спрос»). В общем случае измерителями транспортного спроса, **существующего между двумя точками пространства в определенное время**, могут выступать **ожидаемые значения**:

- числа поездок;
- количества проехавших транспортных средств;
- количества проехавших людей;
- числа пройденных между этими точками автомобиле-километров;

- числа перевезенных пассажиров;
- количества пассажиро-километров;
- количества перевезенных грузов;
- количества выполненных тонно-километров.

Оценка транспортного спроса необходима и важна, поскольку она позволяет:

- обеспечить основу для предсказания необходимого предложения провозной способности транспортной системы в терминах объемов перевозок пассажиров, грузов, объемов движения транспортных средств, которые её будут использовать;
- помочь обеспечить основу для принятия решения о том, продолжать ли предлагаемый проект или вводить изменения в транспортную политику;
- влиять на предлагаемый масштаб реализации проекта или на перечень предлагаемых оперативных решений транспортной политики;
- обеспечить основу для количественного измерения положительных воздействий (выгод) предлагаемых решений на выходные показатели системы (например, на экономию времени поездок);
- обеспечить основу для количественной оценки затрат (негативных эффектов), связанных с влиянием предлагаемых решений на окружающую среду (например, шум, загрязнение воздуха, БДД и т. д.);
- прогнозировать изменение транспортного спроса для каждого будущего года, что поможет соответствующему органу власти распределять затраты для поддержания функционирования тех объектов, чьи характеристики или уровень износа находятся под влиянием их использования.

Оценка транспортного спроса является базовым элементом транспортного планирования и моделирования. Такая оценка получается на основании обработки данных транспортных обследований. Методические рекомендации по проведению таких обследований приведены в [85].

В мировой практике для решения проблем в сфере планирования и развития территориальных транспортных систем используются различные подходы к управлению транспортным спросом. В общем случае они могут быть разделены на две группы: а) направленные на сокращение генерации транспортного спроса и б) направленные на управление существующим транспортным спросом, его перераспределение с личного автотранспорта на общественный транспорт и немоторизованные виды мобильности. Обе эти категории мер имеют своими основными задачами снижение нагрузки на транспортную систему города и снижение различных негативных последствий, связанных с работой транспорта.

Как отмечал А.С. Баранов [82], методы **воздействия на генерацию транспортного спроса** можно разделить на стратегические, территориальные и инфраструктурные.

1. **Стратегические** методы относятся к городу в целом, региону или стране. Они предполагают комплекс организационных действий, направленных на изменение городской системы расселения – приближение потенциальных мест генерации и поглощения спроса друг к другу с целью снижения потребности в использовании каких-либо видов транспорта для поездок между ними. При достаточно высокой плотности населения и наличии высококачественной и связанной пешеходной/велосипедной инфраструктуры достаточное количество объектов социальной инфраструктуры, мест проживания и приложения труда возможно разместить в пешеходной/велосипедной доступности друг от друга. Данный принципиальный подход приводит к тому, что у людей сокращаются потребности в поездках. Создание возможностей удовлетворения прочих потребностей жителей в непосредственной близости от мест их проживания также может снизить спрос на поездки.

2. **Территориальные** методы относятся к какой-либо территории или территориям в рамках города или агломерации. Они основаны на применении таких планировочных подходов, которые снижают потребность в поездках на работу или в другие места транспортного притяжения для большинства жителей, проживающих на рассматриваемой территории. Помимо задач планирования и строительства новых районов данный подход может применяться также при реконструкции уже существующих районов.

3. **Инфраструктурные** методы касаются конкретных районов города и располагаемых в них объектов городской инфраструктуры. Строительство любого нового или реконструкция существующего элемента транспортной инфраструктуры приводит к увеличению транспортного предложения для пользователей соответствующего вида транспорта (например, дорога – для владельцев личного автотранспорта, трамвайная линия – для пользователей общественного транспорта, велодорожка – для велосипедистов и пользователей СИМ). Новое предложение в общем случае генерирует новый спрос. Таким образом, целью городских администраций должно являться не само по себе постоянное расширение дорожной инфраструктуры, порождающее новый спрос на поездки на личных автомобилях, а увеличение предложения провозных возможностей наиболее безопасных и экологических видов транспорта – системы общественного пассажирского транспорта и немоторизованных видов передвижения. В то же время необходимо отметить, что наличие качественной улично-дорожной инфраструктуры, обеспечивающей связанность городских территорий и удовлетворения транспортного спроса населения и городской экономики, является необходимым условием эффективной работы системы общественного пассажирского транспорта и организации немоторизованных передвижений, организации движения автотранспорта. Городская УДС должна быть структурирована на основе транспортно-градостроительной функции, выполняемой каждой улицей.

Для движения наземного пассажирского транспорта общего пользования (ПТОП) необходимо использовать улицы районного значения, а для основных магистральных маршрутов ПТОП – улицы общегородского значения. Для трамвайных линий необходимо предусматривать по возможности выделенную инфраструктуру. Сейчас в большинстве городов магистральные улицы общегородского и районного значения не имеют параметров, необходимых для организации движения магистральных маршрутов автобусов/электробусов или устройства выделенных трамвайных линий. В связи с этим, важной задачей является создание в городах каркаса магистральных улиц общегородского и районного значения с параметрами от 2 и более полос движения в каждом направлении, обеспечивающего возможность высоких скоростей сообщения на магистральных маршрутах ПТОП (в т. ч. на выделенной инфраструктуре).

Классификация мер, направленных на сокращение транспортного спроса, согласно А.С. Баранову [82], представлена в таблице 3.3. Также в ней приведены некоторые примеры применения этих мер в городах России.

Таблица 3.3

Меры, направленные на сокращение транспортного спроса

№	Меры, направленные на сокращение транспортного спроса	Примеры в городах России	Преимущества	Проблемы
<i>1. Стратегические</i>				
1.1	Развитие рынка арендного жилья, изменение политики регулирования рынка арендного жилья	Москва, Санкт-Петербург (строительство апарт-апартаментов)	Развитый рынок арендного жилья предоставляет возможность для людей жить рядом с местом работы и другими местами их притяжения	Законодательные пробелы, недостаточная детализация федерального законодательства о защите прав арендаторов и арендодателей. Низкие требования по обеспечению апарт-апартаментов социальной и транспортной инфраструктурой.
1.2	Концепция «Плотность-разнообразие-дизайн». Создание районов со смешанным функциональным зонированием (многофункциональное землепользование) и высокой плотностью населения	*)	Снижает спрос на трудовые поездки и поездки с целью удовлетворения социальных потребностей	Проблемы с пешеходной доступностью жилых кварталов. Более низкие уровни озеленения территории.

№	Меры, направленные на сокращение транспортного спроса	Примеры в городах России	Преимущества	Проблемы
				Необходимость адаптации многих Российских ГОСТов и СНИПов для возможности создания подобных районов.
1.3	Микрорайонная застройка, предусматривающая максимальное количество объектов социального обеспечения в шаговой доступности от мест проживания жителей	Широко практиковалась ранее в городах бывшего СССР	Снижает спрос на поездки с целью удовлетворения социальных потребностей	Рост спроса на трудовые поездки и среднего расстояния перемещения. Проблемы бесхозных пространств, недостаток социального контроля. Сравнительно низкие уровни развития «вторичного разнообразия» (отсутствие достаточных пешеходных потоков для создания общественных пространств, торговой инфраструктуры).
2. Территориальные				
2.1	Создание многофункциональных районов, предусматривающих жилые объекты для проживания сотрудников компаний	Сколково, Иннополис (Татарстан)	Снижает спрос на трудовые поездки	Требуется строительства отдельной инфраструктуры, организации новых мест оказания услуг населению. Возможный рост средней протяженности нетрудовых поездок.
2.2	Создание дополнительных точек поглощения спроса в городах/агломерациях/контрбуциях, полицентрическая модель развития	Кисловодск-Ессентуки-Пятигорск-Минеральные воды	В случае развитых механизмов выбора места жительства и приложения труда, а также сбалансированности агломерационных подцентров, снижается избыточный спрос на перемещения между ними	Сложность искусственной организации таких образований, потребность в больших инвестициях. При отсутствии гибкости в выборе мест проживания – рост средней протяженности поездок.

№	Меры, направленные на сокращение транспортного спроса	Примеры в городах России	Преимущества	Проблемы
2.3	Улучшение пешеходной доступности и повышение связности пешеходной инфраструктуры	Москва (программа «Моя улица»)	Позволяет повысить расстояния пешеходной доступности, приемлемые для большинства людей.	-
3. Инфраструктурные				
3.1	Ограничение строительства новой улично-дорожной инфраструктуры в городах	-	Новое транспортное предложение генерирует новый спрос на передвижения, а ограничение предложения – снижает.	Необходимость развития дорожной инфраструктуры для повышения связности и доступности территорий, создание новых линий движения общественного транспорта, создание связанной инфраструктуры велодвижения.
3.2	Определенные ограничения в создании мест хранения и паркования личного автотранспорта	Москва	Высокая доступность мест хранения и паркования автотранспорта мотивирует приобретение и использование личного автотранспорта.	Дефицит мест хранения и паркования личного автотранспорта. Паркование автомобилей в местах, где проезд/стоянка запрещена. Появление дополнительного парковочного трафика.
3.3	Вынесение скоростных городских автомагистралей непрерывного движения за пределы центральной части городов	Москва, Санкт-Петербург	Данная мера топологически увеличивает среднее расстояние поездки на личном автотранспорте в пределах города, снижая его относительную привлекательность для пользователей и спрос на поездки через центр города.	Рост нагрузки на улично-дорожную сеть в периферийных районах. Потребность в больших инвестициях и неоднозначное социальное и экологическое влияние.

Меры по **перераспределению транспортного спроса**, в свою очередь, подразделяются на «поощрительные», направленные на увеличение спроса на немоторизованные передвижения и передвижения на общественном пассажирском транспорте, и «ограничительные», направленные на уменьшение спроса на передвижения на личном автотранспорте. Меры по перераспределению транспортного спроса, согласно А.С. Баранову [82], представлены в таблице 3.4 с некоторыми примерами их применения в российской практике. При комплексном планировании перераспределения транспортного спроса в территориальной транспортной системе требуется одновременное использование мер из нескольких групп, как указано в данной таблице.

Таблица 3.4

Меры, используемые для перераспределения транспортного спроса на внутригородские передвижения

№	Меры перераспределения спроса	Примеры в городах России	Дополнительные условия
<i>1. Меры, стимулирующие снижение спроса на передвижения на личном автотранспорте в городах</i>			
1.1	Организация платного парковочного пространства на отдельных городских территориях	Москва, Санкт-Петербург, Пермь, Тверь, Казань, Белгород	Совместно с №2.1, 2.2 и 2.5
1.2	Организация платного въезда в центральную часть города	-	Совместно с №2.1, 2.2 и 2.5
1.3	Системы краткосрочной аренды / совместного использования автомобилей	Москва, Санкт-Петербург, Казань	Совместно с №1.1, 1.2; развитие дополнительной прокатной инфраструктуры.
1.4	Дополнительные налоги для автовладельцев / регистрационный сбор	-	Совместно с №2.1 и 2.2
1.5	Организация системы улиц с «успокоенным движением» / совмещенных пространств с приоритетом движения пешеходов	Москва (центр города)	Совместно с №2.1 и 2.6

№	Меры перераспределения спроса	Примеры в городах России	Дополнительные условия
2. Увеличение спроса на немоторизованные передвижения и передвижения на пассажирском транспорте общего пользования			
2.1	Развитие системы пассажирского транспорта общего пользования, обеспечение приоритета его движения по выделенной инфраструктуре	Москва, Санкт-Петербург, Тверь, Казань, Белгород, Пермь	Совместно с №2.5
2.2	Развитие магистрального рельсового пассажирского транспорта общего пользования	Москва (МЦК; МЦД); Санкт-Петербург (трамвай «Чижики»), Казань	Совместно с №2.5
2.3	Внедрение интеллектуальных транспортных систем; внедрение информационно-телекоммуникационных систем различного уровня и цифровых сервисов, реализующих концепции «умного города» и «умной мобильности»	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Пермь	
2.4	Внедрение систем общественного проката велосипедов и средств индивидуальной мобильности (СИМ)	Москва, Санкт-Петербург, Казань	Совместно с №2.1; развитие велосипедной инфраструктуры.
2.5	Развитие системы транспортно-пересадочных узлов	Москва, Санкт-Петербург, Казань, Белгород	Совместно с №2.1 и 2.2
2.6	Создание комфортной системы пешеходных коммуникаций в центральном деловом районе	Москва, Санкт-Петербург, Казань	Совместно с №1.1 или 1.2, 1.5 и 2.1
2.7	Введение единых тарифов на оплату проезда на всех видах транспорта	Москва, Санкт-Петербург, Ярославль, Казань	Совместно с №2.1, 2.2 и 2.5
2.8	Повышение доступности пассажирского транспорта общего пользования и качества обслуживания пассажиров	Москва, Белгород, Тверь, Санкт-Петербург, Пермь	Совместно с №2.1, 2.2 и 2.5

Важно отметить, что большая часть указанных мер управления спросом применяется в Москве, однако в других городах страны данные методы и технологии распространены пока существенно меньше.

3.2.2. Транспортный спрос как экономическая категория

В классическом контексте экономической теории под транспортным спросом понимается количество поездок, которые люди желают совершить за определенный период времени.

Математическое выражение, которое описывает транспортный спрос, имеет вид:

$$v = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (3.1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – переменные, влияющие на транспортный спрос.

Из этих переменных некоторые являются специфичными для рассматриваемого вида транспорта (например, цена поездки, комфорт поездки, время поездки и т. д.), другие носят общий характер (например, годовой доход совершающего поездку).

Наиболее общепринятой переменной, влияющей на транспортный спрос, является стоимость поездки (P). Поэтому наиболее общее представление функции спроса следующее:

$$v = f(P). \quad (3.2)$$

На рисунке 3.2. представлена графическая зависимость спроса на поездки (числа совершаемых поездок) от их стоимости.

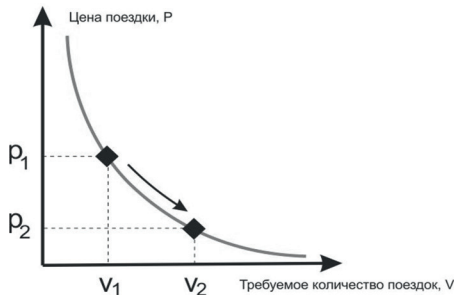


Рис. 3.2. Зависимость спроса на поездки от их стоимости

Когда цена поездки возрастает (точка P1), спрос на нее (V1) падает и наоборот. В экономике это известно, как «закон спроса». Исключением из данного закона являются некоторые специальные (анормальные) грузы и услуги (т. н. товары «Гиффена» – малоценные товары первой необходимости (например, картофель), предметы роскоши (Veblen goods)).

Сдвиг в функции транспортного спроса. Возьмем однофакторную

функцию спроса $v = f(P)$.

Можно ли изменить спрос V в случае, когда цена на товар, услугу фиксирована? Т. е. можем ли мы «сдвинуть» кривую спроса? Каковы могут быть причины «сдвига» кривой спроса?

а) «Сдвиг» вправо (рисунок 3.3). Причина может заключаться в том, что альтернативы рассматриваемому товару (или услуге) стали менее привлекательными для потребителя.

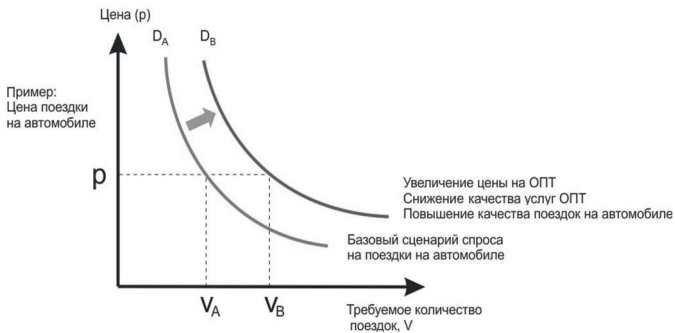


Рис. 3.3. Сдвиг кривой спроса вправо

Пример: для случая поездки на личном автомобиле:

- повышение безопасности движения на личном автомобиле;
- снижение комфорта поездки на ОПТ, безопасности ОПТ;
- более высокая цена услуг ОПТ.

Все это может привести к увеличению спроса на поездки на личном автомобиле даже при том, что стоимость этих поездок останется той же.

б) «Сдвиг» кривой спроса в левую сторону (рис. 3.4). Причина может быть в том, что альтернативный товар (или услуга) стали более привлекательными для потребителя.

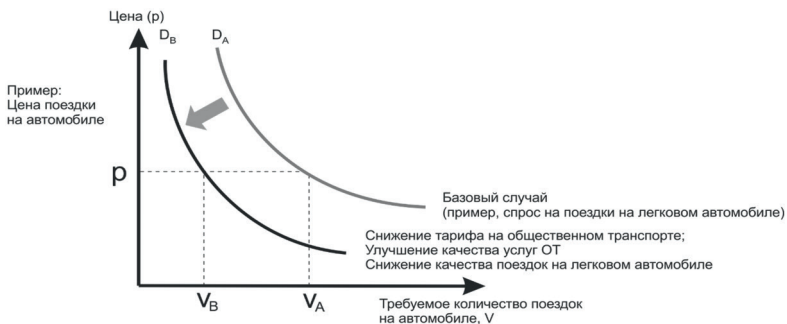


Рис. 3.4. Сдвиг кривой спроса влево

Пример: для случая поездки на автомобиле:

- снижение безопасности дорожного движения;
- повышение комфорта услуг на ОПТ, его безопасности;
- снижение стоимости проезда ОПТ.

Все это может быть причиной снижения спроса на поездки на личном автомобиле даже в случае, если цена поездки на автомобиле не меняется.

3.2.3. Классификация моделей транспортного спроса

Модели транспортного спроса могут быть однопараметрическими и многопараметрическими, агрегированными и дезагрегированными, основанными на временных сериях (трендах), кросс-секторальными (перекрестными), объединенными (панельными), классифицированными по функциональной форме.

Однопараметрическая модель основана на рассмотрении одной переменной:

$$\text{Спрос} = f(x). \quad (3.3)$$

Примеры:

$$\text{Спрос} = f(x), \quad (x - \text{цена поездки})$$

$$\text{Спрос} = f(x), \quad (x - \text{время поездки})$$

Многопараметрическая модель основана на рассмотрении более, чем одной переменной:

$$\text{Спрос} = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (3.4)$$

Примеры:

$$\text{Спрос} = f(x_1, x_2, \dots, x_n);$$

(где $x_1 \dots x_n$ – цена поездки, время, безопасность, комфорт и т. д.)

Рассмотрим примеры агрегированных и дезагрегированных моделей. Агрегированная модель транспортного спроса предполагает, что переменные объединены для всех совершающих поездки и отнесены к определенной территории (регион, город, населенный пункт и т. д.).

Общий (агрегированный) спрос может быть записан и в такой форме:

Общий спрос = f(характеристики региона, генерирующего спрос)

Пример. Рассмотрим ситуацию:

Допустим есть два города A и B

Город A – население (POP_A) 2,1 млн человек

- площадь ($Area_A$) 410 кв. км

- число производств – 480

- количество торговых центров – 134

Город B – население (POP_B) 1,2 млн человек

- площадь ($Area_B$) 265 кв. км

- число производств – 140

- количество торговых центров – 84

В этом случае общий спрос может быть записан в виде агрегированной модели как:

$$\text{Общий спрос} = f(POP_A, POP_B, Area_A, Area_B \text{ и т. д.}).$$

Рассмотрим тех, кто едет из A в B . Для каждого из них мы можем иметь:

- доход (Inc)

- место работы, профессию (Occ) и т. д.

Тогда спрос для каждого конкретного едущего жителя описывается дезагрегированной моделью транспортного спроса:

$$\text{Спрос каждого } i\text{-того жителя} = f(Inc, Occ \text{ и т. д.}).$$

При этом общий (агрегированный) спрос составит:

$$\text{Общий спрос} = \sum_i \text{Спрос каждого отдельного } i\text{-того жителя.}$$

Характеристики региона включают население, площадь региона, количество или общую территорию (в m^2) производств, магазинов, школ и т. д.

Дезагрегированная модель спроса рассматривает переменные для каждого отдельного человека, совершающего поездки. При этом общий спрос представляет сумму спроса отдельных жителей:

$$\text{Общий спрос} = \Sigma \text{спрос отдельных жителей.}$$

Детерминистские модели спроса позволяют с уверенностью предсказать точное среднее значение выходного показателя (в нашем случае – спроса на поездки). Это делает процесс оценки спроса легким, но результат может быть недостаточно реалистичным, поскольку транспортный спрос

является вероятностной категорией.

Стохастические (вероятностные) модели спроса не позволяют с уверенностью предсказать точное значение выходного показателя (спроса на поездки). Оцениваемое значение спроса в этих моделях находится в интервале между некоторыми минимальными и максимальными значениями и подчиняются некоторому закону распределения вероятностей. Каждое точное значение спроса имеет некоторую вероятность появления. Использование таких моделей делает процесс оценки спроса относительно более сложным, но в то же время более правдоподобным в реальном мире, в котором много неопределенностей.

Модели, основанные на временных сериях спроса. При их использовании спрос оценивается на основе его исторического тренда для конкретной транспортной системы или подобных систем.

Пример. Рассмотрим некую транспортную систему, заданную временным трендом спроса:

Год	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Спрос, тыс. пасс-км	1,25	1,37	1,45	1,58	1,72	1,95	2,31	2,48

Используя примеры линейной и экспоненциальной функций, спрогнозируем ожидаемый спрос для 2024 года:

Для линейной формы: $V = 0,089 (\text{Year} - 2006) + 1,1408$.

$(R^2 = 0,95)$, где R^2 – коэффициент детерминации⁹

Таким образом прогнозируемый спрос в 2024 году на основе линейной модели тренда составит $0,089 (2024 - 2006) + 1,1408 = 2,74$

Для экспоненциальной формы: $V = 1,2101^{0,0499} (\text{Year} - 1990)$.

$(R^2 = 0,98)$

Прогнозируемый спрос в 2024 году на основе использования экспоненциального тренда: $1,2101^{0,0499} (2008 - 1990) = 2,75$

⁹ **Коэффициент детерминации** (R-квадрат) — это доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости, то есть объясняющими переменными. Более точно — это единица минус доля необъяснённой дисперсии (дисперсии случайной ошибки модели или условной по факторам дисперсии зависимой переменной) в дисперсии зависимой переменной. Его рассматривают как универсальную меру зависимости одной случайной величины от множества других.

Однако использование временных трендов не всегда подходит для оценки будущего транспортного спроса. Это связано с изменчивостью во времени городской среды и характеристик транспортной системы, изменениями в транспортном поведении населения, внедрением новых технологий и др., что может сделать пролонгирование существующих трендов на будущие периоды некорректным.

На транспортный спрос влияют различные факторы, и его оценка может проводиться на основе прогноза изменения этих факторов с использованием кросс-секторальных (перекрестных) моделей. В этих моделях спрос оценивается на основе использования текущих характеристик региона, которые влияют на транспортный спрос.

В панельных (или объединенных) моделях спроса используются как временные ряды, так и подходы в разрезе оценки изменения отдельных факторов. Часто используются и эконометрические методы оценки транспортного спроса.

Пример кросс-секторальных моделей:

Общий спрос на перевозки между городами A_i и B_j составляет V_{ij} (тыс. пассажиров в день). Значения показателей в формуле рассчитываются по текущим данным на рассматриваемый год:

$$V_{ij} = INC_{ij}^{0,316} \times POP_{ij}^{0,221}$$

где:

INC_{ij} – средний доход жителей, определенный для двух городов, в десятках тыс. рублей;

POP_{ij} – среднее население двух городов, в миллионах.

Определим спрос на перевозки через 10 лет, когда средний доход на душу населения составит 35 600 рублей, а среднее население двух городских центров составит 3 млн человек.

Решение для этого случая составит:

$$V_{ij} = 3,56^{0,316} \times 3^{0,221} = 1904 \text{ (пассажиров в день)}$$

Перекрёстные (кросс-секторальные) модели спроса подразделяются на (рисунок 3.5):

- модели, основанные на характеристиках конечных точек поездок;
- модели, основанные на характеристиках транспортной сети в целом.

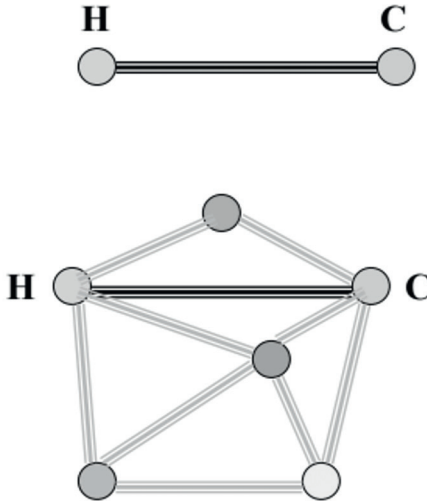


Рис. 3.5. Возможные модели поездов

Рассмотрим пример подобной оценки спроса и полученную в одной из исследований модель, основывающуюся только на характеристиках транспортного коридора, его конечных точек или конкретного проекта.

Модель спроса на междугородные пассажирские перевозки (модель Kraft-SARC, модель McLynn, модель Baumol-Quandt):

$$V_{12} = A x (P_1 P_2)^B x C (I_{nc1} I_{nc2})^D x E (T_{m1} T_{m2}) x G (C_{m1} C_{m2})$$

где

- P – население;
- I_{nc} – доход;
- T_m – время, которое затрачивается при использовании вида транспорта m ;
- C_m – средняя стоимость поездки для пассажира при использовании вида транспорта m ;
- A, C, B, E, D и G – константы.

Классификация моделей спроса по функциональным формам описания ими исходных данных опросов.

Как было отмечено выше, в общем виде транспортный спрос записывается как:

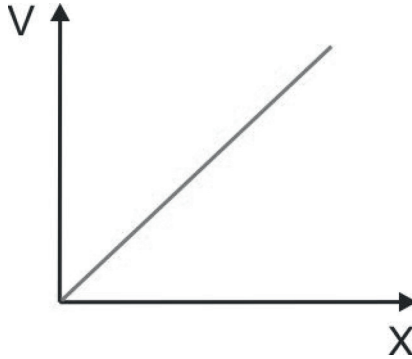
$$V = f(x),$$

где x :

- для дисагрегированных моделей спроса – фактор (или вектор факторов), который определяет спрос на поездки для отдельного пользователя (цена поездки, время поездки, безопасность, комфорт и т. д.);
- для агрегированных моделей спроса – фактор (или вектор факторов), который определяет суммарный транспортный спрос (численность населения, средний доход, уровень занятости и т. д.);
- для моделей спроса, основанных на временных рядах (часто агрегированных) – это просто время, выраженное в годах.

В качестве общих функциональных форм функции f для описания данных проводимых обследований транспортного спроса рассматриваются (рисунок 3.6):

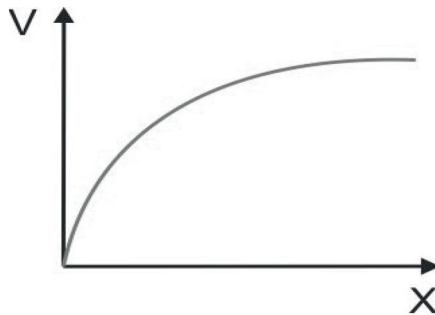
- линейная форма (функция), для которой спрос выражается как $\text{Спрос} = a + bx$, где a и b – некие константы.



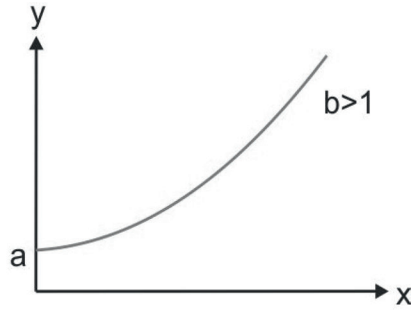
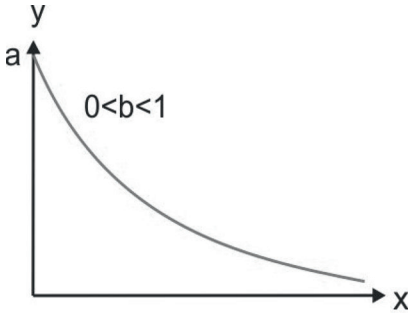
- степенная функция, для которой спрос выражается как:

$$\text{Спрос} = ax^b, \quad b > 1$$

$$\text{Спрос} = ax^b, \quad b < 1$$

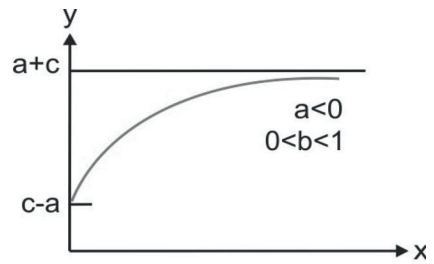
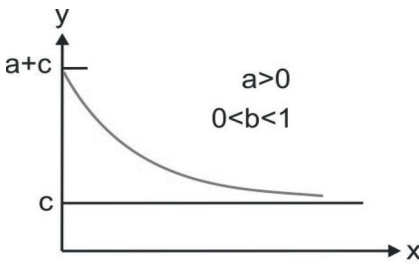


Спрос = ab^x



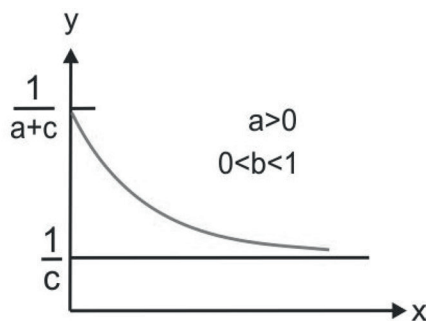
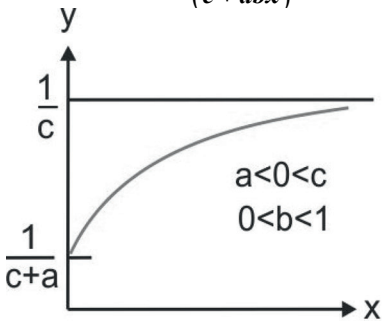
- модифицированные экспоненциальные модели спроса:

Спрос = $V = c + ab^x$



- логистические модели спроса:

Спрос = $V = \frac{I}{c + abx}$



- модели спроса Гомпертца:

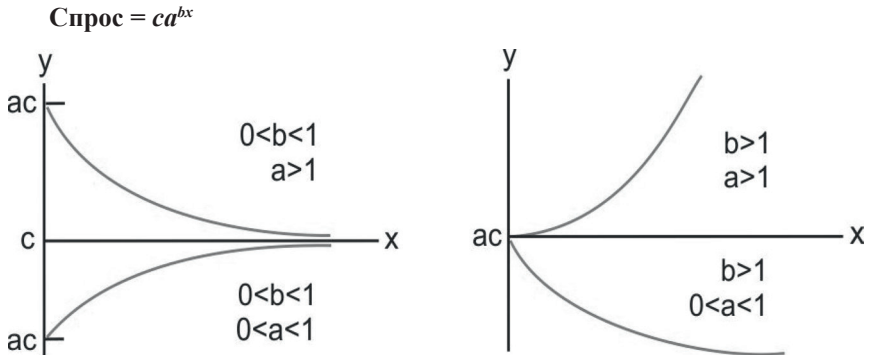


Рис. 3.6. Функциональные формы для описания данных обследования транспортного спроса

Возникает вопрос: достаточно ли оценивать спрос исходя только из характеристик конкретного транспортного коридора или его конечных пунктов? Очевидно, более правильно оценивать спрос исходя из характеристик всей транспортной сети в целом. Для оценки транспортного спроса на сети обычно используется 4-х шаговая модель транспортного моделирования, основными элементами («шагами») которой являются [88]:

1. Оценка генерации поездок.
2. Распределение поездок. Для сгенерированных поездок определяется то, как они распределяются между различными пунктами назначения (транспортные корреспонденции).
3. Распределение транспортных потоков – определяются маршруты, которые выбираются людьми, совершающими поездки, от начала поездки до любого места назначения по существующей УДС/маршрутной сети в соответствии с определенными корреспонденциями.
4. Выбор вида транспорта. Для выбранной категории пользователей и/или для каждого выбранного маршрута поездки осуществляется выбор вида используемого транспорта (автомобиль, ПТОП, вело и т. д.).

3.2.4. Использование 4-х шаговой модели планирования поездок

Основными шагами планирования поездок являются следующие:

I. Генерация спроса на поездки. Этот этап отвечает на вопросы, что генерирует поездки и сколько поездок в итоге генерируется.

Существует 2 вида моделей генерации спроса: модели образования и модели поглощения. Модели образования оценивают количество поездок,

начинающихся и заканчивающихся в месте проживания пользователей. Модели поглощения оценивают количество поездок, начинающихся или заканчивающихся в каждой зоне, отличной от места проживания путешественника. В замкнутой системе число образовавшихся поездок равно числу поглощенных.

Для каждой цели поездок (на работу, деловая, бытовая, в целях отдыха и развлечения и др.) используются различные модели образования и поглощения. Специальные модели генерации спроса используются для оценки количества поездок, не связанных с местом проживания пользователя, поездок грузовых автомобилей, такси и т. д. Модели строятся на основе данных натурных обследований (опросов, наблюдений, анализа GPS-треков и др.).

II. Распределение поездок: как сгенерированные поездки распределяются между различными пунктами прибытия?

Для сгенерированных поездок определяется, как они распределяются по различным пунктам прибытия («транспортные корреспонденции») (рис. 3.7):

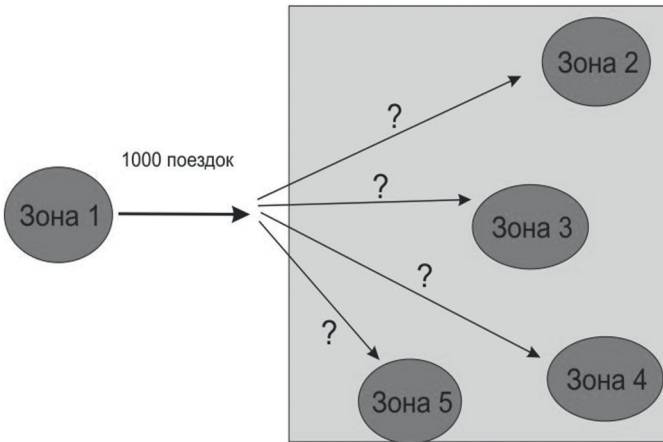


Рис. 3.7. Распределение сгенерированных поездок

III. Определение пассажиропотоков.

Определяется, какие маршруты выбираются пользователями от любой точки отправления до любой точки прибытия.

IV. Выбор вида транспорта.

Для заданной группы пользователей на каждом выбранном маршруте определяется, какая доля этих пользователей выберет определенный вид транспорта (автомобиль, автобус, метро, железную дорогу, велосипед и т. д.). Для этого осуществляется разработка и калибровка моделей генерации

и распределения поездок.

Примеры расчетов в соответствии с 4-х шаговой моделью

Пример 1:

1. Генерация спроса. Например, мы имеем зону 1, которая генерирует 1000 поездок в день.

2. Распределение поездок. Надо определить, как эти 1000 поездок распределятся между 4-мя другими зонами. Есть много способов определить распределение поездок между зонами прибытия. Наиболее известной и часто применяемой является аналогия с гравитационной моделью, вытекающей из Закона Ньютона: «Сила притяжения между двумя телами прямо пропорциональна их массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними».

$$F = G\left(\frac{m_1 m_2}{d_{12}^2}\right) \quad (III.1)$$

F – сила гравитации между m_1, m_2 ;

G – гравитационная постоянная;

m_1, m_2 – масса первого и второго тел;

d – расстояние между телами 1 и 2.

Применительно к поездкам формула принимает вид (т. н. «транспортная гравитационная модель»):

$$F_{12} = A\left(\frac{m_1 m_2}{f(d_{12})}\right) \quad (III.2)$$

где различия между формулами закона «Всемирного тяготения» (Закон Ньютона) и закона транспортного «тяготения» между зонами, носят следующий характер

Переменная	Закон Ньютона	Транспортное «тяготение» между двумя зонами (число поездок)
m_1, m_2	Физические тела с массами m_1, m_2	Зоны с определенным набором социо-экономической деятельности m_1, m_2 (число мест проживания, школ, рабочих мест и т. д.)
d	Расстояние d между двумя телами	Некоторые характеристики транспортной связи (корреспонденции), которые "препятствуют" пользователям совершать поездки между зонами 1 и 2 (расстояние, время поездки, условия поездки, недостаток безопасности и т. д.)
$A (G)$	Гравитационная константа	Гравитационная константа

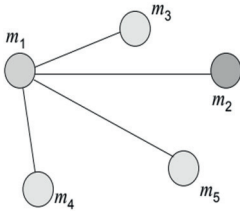
Функция $f(d_{12})$ носит название функции тяготения. Она характеризует предпочтения индивидуумов при выборе для перемещения пары «зона 1 – зона 2».

Эта функция зависит от характеристики затратности поездки для индивидуума (стоимость, время, расстояние, условия поездки, уровень риска и т. д.). В зависимости от числа зон «транспортное тяготение» может быть записано как:

для 2-х зон:

$$F_{12} = A \frac{m_1 m_2}{f(d_{12})} \quad (III.3)$$

для случая более 2-х зон:



$$T_{12} = P_1 \frac{A_2 F_{12}}{A_2 F_{12} + A_3 F_{13} + \dots + A_5 F_{15}} \quad (III.4)$$

или в общем виде

$$T_{ij} = P_j \frac{A_j F_{ij}}{\sum_{j=1}^j (A_j F_{ij})} \quad (III.5)$$

где

T_{ij} – количество поездок между зонами i и j ;

P_{ij} , A_{ij} – калибруемые переменные, соответствующие количеству образования и поглощения поездок.

Использование формулы осуществляется в соответствии со следующими шагами:

- наблюдение каждого T_{ij} для определенного базового года;
- определение калибровочных коэффициентов P_{ij} и A_{ij} для каждой зоны на основе использования моделей образования и поглощения поездок;
- сбалансирование числа поездок;
- калибровка гравитационной модели путем оценки вида функции тяготения $f(d_{ij})$.

Функция тяготения («фактор сопротивления/импеданса» $f(d_{ij})$) характеризует некое «сопротивление» движению между любыми двумя точками i и j . Она может быть записана как (хотя существуют и другие вариации этой модели):

$$F_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^\alpha} \quad (П.1.6)$$

где

t_{ij} – время поездки между точками i и j ;

α – некоторая константа; в общем случае $\alpha = 2,0$.

Определение значения α является калибровкой гравитационной модели.

Гравитационная транспортная модель калибруется на основе известных значений переменных (число образующихся и поглощенных поездок (P_i, A_j), время поездки, количество корреспонденций между зонами).

Пример 2. Рассмотрим 3 зоны, заданные данными таблицы П.2.1

Таблица П.2.1

Базовый год (2020). Поездки из зоны (NT) в зону (сотни); время поездки на автомобиле (TT) (мин) и значение функции тяготения («фактора трения») (фактические данные)

ИЗ \ В	1	2	3	Общая генерация образования поездок
1	TT=1 NT=40 FF=0,753	TT=9 NT=110 FF=1,597	TT=4 NT=150 FF=0,753	300
2	TT=11 NT=50 FF=0,987	TT=2 NT=20 FF=0,753	TT=17 NT=30 FF=0,765	100
3	TT=6 NT=110 FF=1,597	TT=12 NT=30 FF=0,765	TT=3 NT=10 FF=0,753	150
Общее поглощение поездок	200	160	190	550

где

TT – время поездки, мин.

NT – количество поездок (в сотнях)

FF – функция тяготения (фактор трения) (при расстоянии $d = 2$ км)

Если произвести для данного случая расчет числа поездок по транспортной гравитационной модели, то их можно представить в таблице П.2.2.

(расчетные данные)

Таблица П2.2

Зона	1	2	3	P_i
1	85	111	104	300
2	39	19	42	100
3	75	31	44	150
A_j	199	161	190	550

Поправочные коэффициенты применяются для корректировки объемов транспортных корреспонденций между зонами на основе влияния различных факторов на транспортное поведение и отражения социально-экономических связей.

Поправочные коэффициенты K_{ij} рассчитываются как:

$$K_{ij} = T_{ij} (\text{наблюдаемый}) / T_{ij} (\text{расчетный}) \quad (\text{П2.1})$$

Для рассматриваемого примера они приведены в таблице П2.3.

Таблица П2.3

Зона	1	2	3
1	0,47	0,99	1,45
2	1,27	1,06	0,72
3	1,47	0,98	0,23

Предположим, что мы хотим осуществить расчет генерации спроса для некоего будущего периода (например, для 2025 года). Положим, что в этом случае полные модели генерации поездок имеют вид:

для образования поездок:

$$P_i = -10 + 2,0 X_1 + 1,0 X_2 \quad (\text{П2.2})$$

где

X_1 – количество легковых автомобилей, ед.;

X_2 – количество домохозяйств, ед.

для поглощения поездок:

$$A_j = -30 + 1,4 X_3 + 0,04 X_4 \quad (\text{П2.3})$$

где

X_3 – количество рабочих дней в году, ед.;

X_4 – площадь торговых территорий, га.

Социально-экономические характеристики каждой зоны в рассматриваемом примере приведены в таблице П2.4.

Таблица П2.4

Зона	Легковые автомобили, X_1	Домашние хозяйства, X_2	Рабочие места, X_3	Площадь торговых территорий, X_4
1	280	200	420	4100
2	220	150	560	800
3	190	110	220	600

Оценки образования P_i и поглощения A_j поездок для каждой зоны в 2020 году показаны в таблице П.2.5.

Время поездки и функция тяготения между центрами зон для 2025 г. показаны в таблице П.2.6.

«Сбалансирование» поездок осуществляется исходя из равенства общего числа образующихся (сгенерированных) и поглощенных поездок.

$$\Sigma P_i = \Sigma A_i = 1810$$

Таблица П2.5.

Образование и поглощение поездок для 3-х зон выделенной территории в 2020 году

Зона	1	2	3
Образование поездок (P_i)	750	580	480
Поглощение поездок (A_j)	722	786	302

Распределение поездок в прогнозном году

Расчет распределения общего числа поездок по зонам для прогнозного года осуществляется с использованием откалиброванной гравитационной модели:

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_j A_j F_{ij} K_{ij}} \quad (П2.4)$$

Прогнозные данные представлены в таблице П2.6.

Таблица П2.6.

Распределение времени поездок по зонам и гравитационная функция («факторы трения») в прогнозном году

В <i>ИЗ</i>	1	2	3
1	<i>ТТ=2</i> <i>FF=0,753</i>	<i>ТТ = 12</i> <i>FF = 0,987</i>	<i>ТТ = 7</i> <i>FF = 1,597</i>
2	<i>ТТ = 13</i> <i>FF = 0,987</i>	<i>ТТ = 3</i> <i>FF = 0,753</i>	<i>ТТ = 19</i> <i>FF = 0,765</i>
3	<i>ТТ = 9</i> <i>FF = 1,597</i>	<i>ТТ = 16</i> <i>FF = 0,765</i>	<i>ТТ = 4</i> <i>FF = 0,753</i>

Пример 3.

Используем транспортную гравитационную модель для оценки количества поездок между тремя зонами для 2025 года. Значения функции тяготения («факторов трения») могут быть получены из таблицы П2.6. Значения корректирующего коэффициента K_{ij} берутся из таблицы П2.3. Окончательная матрица корреспонденций для прогнозного года показана в таблице П3.1.

Таблица П3.1.

Матрица корреспонденций в 2025 году

Зона	1	2	3	P_i
1	105	396	249	750
2	288	247	45	580
3	329	143	9	480
A_j	722	786	303	1810

Время поездки из зоны в зону и стоимости поездок на легковом автомобиле и пассажирском транспорте общего пользования даны в таблице П3.2

Таблица П3.2.

Конкретные данные (полученные при обследованиях) по времени и стоимости поездки для рассматриваемого примера

В <i>ИЗ</i>	1		2		3	
	<i>авто</i>	<i>ОПТ</i>	<i>авто</i>	<i>ОПТ</i>	<i>авто</i>	<i>ОПТ</i>
1	<i>ТТ=2</i> <i>СТ=0,5</i>	<i>ТТ = 5</i> <i>СТ = 1,0</i>	<i>ТТ = 12</i> <i>СТ = 1,0</i>	<i>ТТ = 15</i> <i>СТ = 1,5</i>	<i>ТТ = 17</i> <i>СТ = 1,4</i>	<i>ТТ = 12</i> <i>СТ = 2,0</i>
2	<i>ТТ=13</i> <i>СТ=1,2</i>	<i>ТТ=15</i> <i>СТ=1,8</i>	<i>ТТ=</i> <i>СТ=0,8</i>	<i>ТТ=6</i> <i>СТ=1,2</i>	<i>ТТ=19</i> <i>СТ=1,2</i>	<i>ТТ=26</i> <i>СТ=1,9</i>
3	<i>ТТ=9</i> <i>СТ=1,7</i>	<i>ТТ=20</i> <i>СТ=2,0</i>	<i>ТТ=16</i> <i>СТ=1,5</i>	<i>ТТ=21</i> <i>СТ=2,0</i>	<i>ТТ=4</i> <i>СТ=0,7</i>	<i>ТТ=8</i> <i>СТ=1,1</i>

Время представлено в минутах, стоимость – в рублях.

Выбор вида транспорта можно осуществить с использованием функции полезности.

Функция полезности представляет функцию, с помощью которой можно представить предпочтения пользователей на некотором множестве альтернатив.

Функции полезности для случаев использования личного автомобиля и ОПТ, которые используются в моделях выбора видов транспорта, могут иметь вид:

$$\text{Авто: } U_{\text{авто}} = 2,50 - 0,5 CT_A - 0,010 TT_A \quad (ПЗ.1)$$

$$\text{ОПТ: } U_{\text{опт}} = - 0,4 CT_T - 0,012 TT_T \quad (ПЗ.2)$$

где:

CT_A, TT_A – стоимость (руб.) и время поездки (мин.) – для поездки на личном автомобиле;

CT_T, TT_T – стоимость (руб.) и время поездки (мин.) – для поездки на ОПТ.

В этом случае значения функции полезности для межзоновых корреспонденций с использованием личного автомобиля и пассажирского транспорта общего пользования (ОПТ) могут быть представлены значениями, указанными в таблице ПЗ.3.

Таблица ПЗ.3

$B \backslash ИЗ$	1	2	3
1	$U_{\text{авто}} = 2,23$ $U_{\text{опт}} = - 0,46$	$U_{\text{авто}} = 1,88$ $U_{\text{опт}} = - 0,78$	$U_{\text{авто}} = 1,73$ $U_{\text{опт}} = - 0,94$
2	$U_{\text{авто}} = 1,77$ $U_{\text{опт}} = - 0,90$	$U_{\text{авто}} = 2,07$ $U_{\text{опт}} = - 0,55$	$U_{\text{авто}} = 1,71$ $U_{\text{опт}} = - 1,07$
3	$U_{\text{авто}} = 1,56$ $U_{\text{опт}} = - 1,04$	$U_{\text{авто}} = 1,59$ $U_{\text{опт}} = - 1,05$	$U_{\text{авто}} = 2,00$ $U_{\text{опт}} = - 0,54$

Функции полезности используются для оценки вероятности использования различных видов транспорта – личных автомобилей и пассажирского транспорта общего пользования. Например, вероятность использования личных автомобилей может быть задана уравнением:

$$P_{\text{авто}} = \frac{e^{U_{\text{авто}}}}{e^{U_{\text{авто}}} + e^{U_{\text{опт}}}} \quad (ПЗ.3)$$

Далее для оценки доли (процента) поездок из одной зоны в другую зону используется Logit-модель. В результате получается следующее распределение (таблица ПЗ.4):

Таблица ПЗ.4.

Распределение корреспонденций между зонами по видам транспорта

<i>В зону</i> <i>Из зоны</i>	1	2	3
1	$P_{авто} = 0,94$ $P_{опт} = 0,06$	$P_{авто} = 0,93$ $P_{опт} = 0,07$	$P_{авто} = 0,94$ $P_{опт} = 0,06$
2	$P_{авто} = 0,94$ $P_{опт} = 0,06$	$P_{авто} = 0,93$ $P_{опт} = 0,07$	$P_{авто} = 0,94$ $P_{опт} = 0,06$
3	$P_{авто} = 0,93$ $P_{опт} = 0,07$	$P_{авто} = 0,93$ $P_{опт} = 0,07$	$P_{авто} = 0,93$ $P_{опт} = 0,07$

Используя метод кратчайшего пути, можно распределить поездки по улично-дорожной сети, представленной соответствующим графом. В таблице ПЗ.5 представлены результаты такого распределения для рассматриваемого примера (в скобках – данные для ОПТ). В таблице знаком (*) показаны времена поездки по наикратчайшему пути с наименьшим временем поездки.

Таблица ПЗ.5

Маршрут	Время поездки на автомобиле и ОПТ, мин.	Количество поездок на автомобиле и ОПТ
1-2	12*(15*)	370 (26)
1-3	7*(12*)	233 (16)
1-2-3	31 (41)	
1-3-2	23 (33)	
2-1	13*(15*)	269 (19)
2-3	19*(26*)	42 (3)
2-3-1	28 (46)	
2-1-3	20*(27*)	
3-1	9*(20*)	306 (23)
3-2	16*(21*)	133 (10)
3-2-1	29 (36)	
3-1-2	21 (35)	

Контрольные вопросы:

1. Транспортный спрос. Его рассмотрение как экономической категории.
2. Меры, направленные на сокращение транспортного спроса.
3. Модели транспортного спроса. Их классификация.
4. 4-шаговая модель планирования поездок. Моделирование генерации поездок.

3.3. Транспортное предложение

Транспортное предложение определяется как количество (и/или качество) транспортных услуг, которое их производитель желает предоставлять пользователям при заданной совокупности внешних условий. Основными элементами транспортного предложения являются количественные и качественные характеристики транспортных услуг.

Под количественными характеристиками в случае городского транспорта могут пониматься:

- пропускная способность дорог, улиц и других сооружений транспорта;
- количество полос движения на автомагистрали;
- количество железнодорожных путей городской ж/д;
- количество и протяженность маршрутов ОПТ;
- плотность улично-дорожной сети и т. д.

Под качественными характеристиками в общем случае понимаются:

- безопасность, время сообщения, удобство, комфорт поездки и т. д.;
- нефизические системы и эксплуатационные услуги, которые увеличивают пропускную способность транспортной системы или её элементов (ИТС, транспортные сервисы и т. д.);
- мероприятия, позволяющие увеличить объемы дорожного движения даже при постоянной пропускной способности УДС и др.

Математическое выражение для транспортного предложения имеет вид:

$$S = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (3.5)$$

Графически функция предложения может быть представлена следующим образом (рисунок 3.8). Когда цена поездки возрастает, предложение транспортных услуг тоже растет. И наоборот, когда цена поездки снижается, снижается и предложение транспортных услуг. В классической экономике это известно, как «Закон предложения».

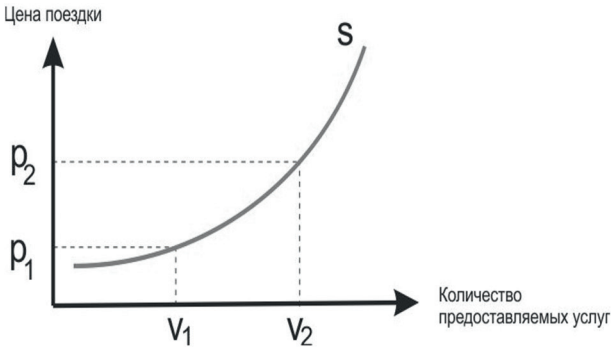


Рис. 3.8. Функция предложения транспортных услуг

Изменение в предложении может произойти даже тогда, когда цена услуги (поездки) не меняется (рис. 3.9). Причинами в этом случае могут быть:

- изменения в количестве доступных альтернативных видов транспорта;
- изменения в ценах на использование любого альтернативного вида транспорта;
- изменения в используемых технологиях (информационных, транспортных).

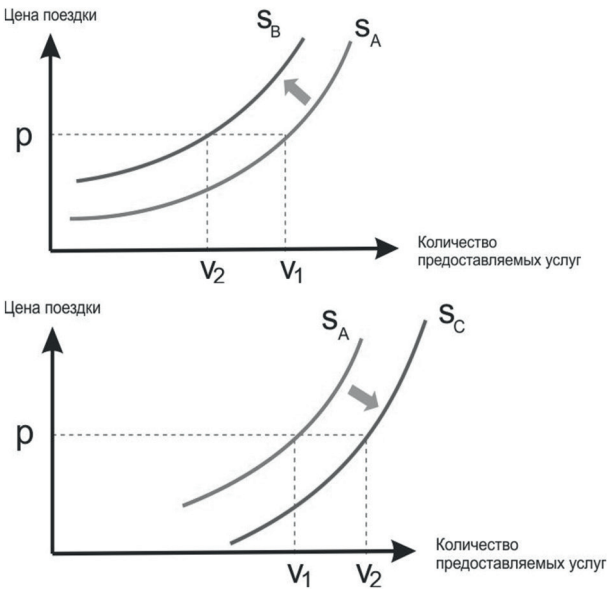


Рис. 3.9. Изменение функции предложения транспортных услуг вследствие действия различных внешних причин

Как и в любой рыночной модели, можно рассмотреть ситуацию достижения баланса (равновесия) между транспортным спросом и предложением транспортных услуг (рисунок 3.10).

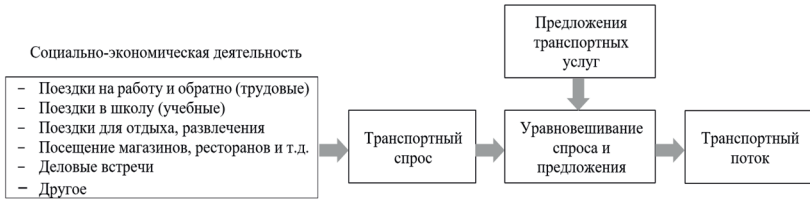


Рис. 3.10. Уравновешивание транспортного спроса и предложения

Графически случай равновесия транспортного спроса и предложения показан на рисунке 3.11.

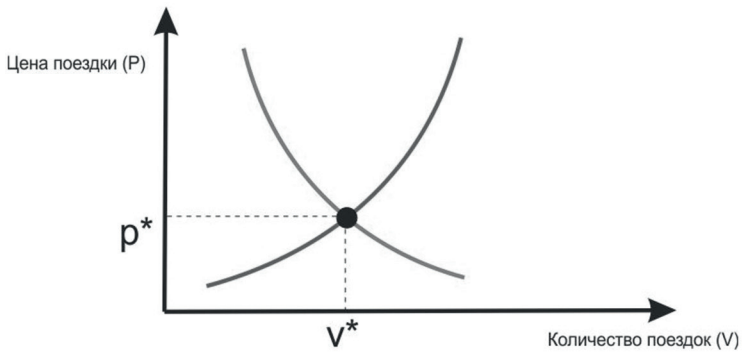


Рис. 3.11. Графическая иллюстрация случая равновесия транспортного спроса и транспортного предложения

Случай равновесия записывается выражением:

$$f_D(P, V) = f_S(P, V),$$

где $f_D(P, V)$ – функция спроса; $f_S(P, V)$ – функция предложения.

Решение данного уравнения дает:

2,48

$P = P^*$ – равновесная цена поездки;

$V = V^*$ – равновесный спрос на поездки.

Пример 1:

Автобусные перевозки: На основе результатов обследований получены следующие выражения для функций спроса и предложения:

- функция спроса : $V = 5500 - 22P$
- функция предложения : $P = 1,50 + 0,0003V$

Результаты совместного решения этих уравнений дает значение равновесия между спросом и предложением:

$V^* = 5,431$ пасс/день;

$P^* = 3,13$ руб. – тариф (цена поездки) для пассажира.

Пример 2 (рис. 3.12):

Поездка по автомагистрали:

- функция предложения : $t = 15 + 0,02g$
где t – время поездки, мин.;
- функция спроса : $g = 4000 - 120t$
где g – интенсивность дорожного движения, авт/час.



Рис. 3.12. Иллюстрация примера для определения равновесных условий поездки

Результаты решения этих уравнений дают условия равновесия (рисунок 3.12):

Время поездки = 27,94 мин.

Интенсивность = 647 авт/ч.

Равновесие спроса и предложения носит динамический характер. Изменение транспортного спроса приводит к нарушению установившегося рыночного равновесия и поиску новых решений в сфере транспортного предложения, которые, в свою очередь, приведут к ситуации нового равновесия (рисунок 3.13).

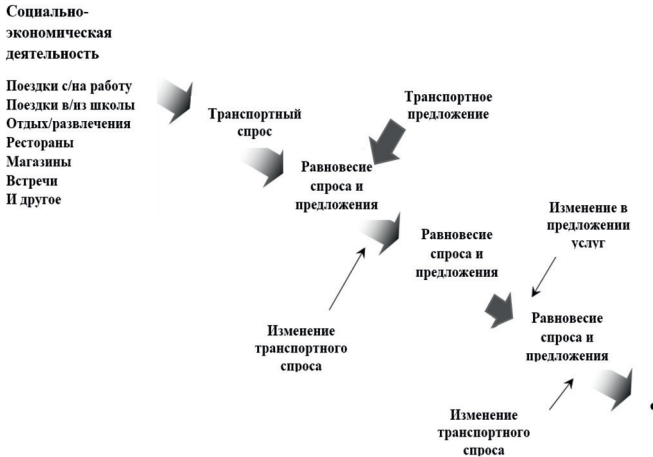


Рис. 3.13. Динамический характер равновесия спроса и предложения

Графически такая ситуация может быть проиллюстрирована также рисунком 3.14.

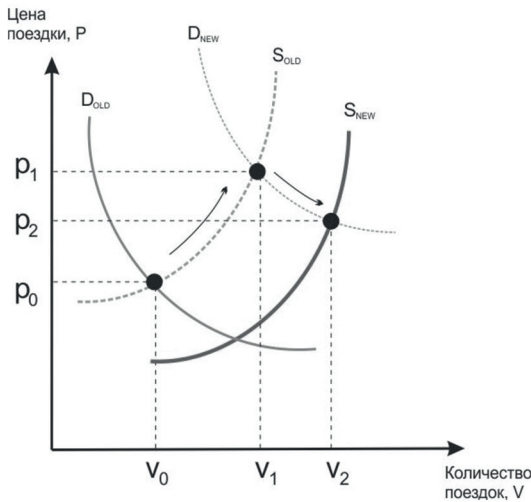


Рис. 3.14. Динамическое взаимодействие транспортного спроса и транспортного предложения

3.4. Эластичность транспортного спроса

Эластичность транспортного спроса характеризует его изменение при изменении на определенную величину какого-либо влияющего на него фактора (по отношению к которому эта эластичность оценивается) или свойства услуги (транспортного предложения).

К таким факторам (свойствам услуги) могут относиться:

- цены (общая цена поездки, цена парковки, цена топлива, стоимость въезда на определенные территории, плата за проезд на ПТОП и т. д.);
- время поездки;
- комфорт и безопасность поездки, удобство для пользователей и т. д.

Например, эластичность спроса на услуги ПТОП и частота обслуживания на маршруте взаимосвязаны сложным образом – удвоение частоты движения по маршруту приводит к росту объема перевозок лишь на 20-50%, то есть получаемая в результате этого дополнительная выручка не покрывает роста расходов на конкретном маршруте. Эффекты от увеличения частоты движения носят, прежде всего, косвенный характер и связаны с уменьшением затрат времени населения на передвижения, снижением автомобиле-пользования. Не покрываемые ростом сбора билетной выручки эти преимущества должны быть покрыты за счёт общественных ресурсов (средств бюджета).

Математически эластичность транспортного спроса относительно фактора x может быть выражена коэффициентом эластичности:

$$e_{t,x} = \frac{\text{изменение спроса} / \text{первоначальный спрос}}{\text{изменение } x / \text{первоначальное значение } x} = \frac{dv/v}{dx/x} = \left(\frac{x}{v}\right) \left(\frac{dv}{dx}\right) \quad (3.6)$$

Очевидно, что данное выражение для $e_{t,x}$ будет зависеть от функционального выражения для модели спроса V как функции от X (см. таблицу 3.5.) (согласно Manheim, 1979).

Таблица 3.5

Зависимость вида функции эластичности от функционального выражения модели спроса

Вид функции спроса	Функция эластичности
<p>Линейная</p> $V = \alpha + \beta X$	$\left(\frac{x}{v}\right) \left(\frac{dv}{dx}\right)$ $e = \frac{\beta x}{v} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\alpha}{\beta x}\right)}$

Вид функции спроса	Функция эластичности $\left(\frac{x}{v}\right)\left(\frac{dv}{dx}\right)$
Функция – произведение $V = \alpha X^{-\beta}$	$e = \beta$
Экспоненциальная $V = a1^{\beta \cdot x}$	$e = \beta X$
Логистическая $V = \frac{a}{1 + \gamma^{\beta \cdot x}}$	$e = \beta X \left(1 - \frac{v}{a}\right) = -\frac{\beta \gamma x 1^{\beta \cdot x}}{1 + \gamma 1^{\beta \cdot x}}$
Логистическая – произведение $V = \frac{a}{1 + \gamma^{\beta \cdot x}}$	$e = -\beta \left(1 - \frac{v}{a}\right) = -\frac{\beta \gamma x^{\beta}}{1 + \gamma x^{\beta}}$

Различают точечную и дуговую (рисунок 3.15) эластичности спроса $V = f(x)$ (и соответствующие коэффициенты эластичности):

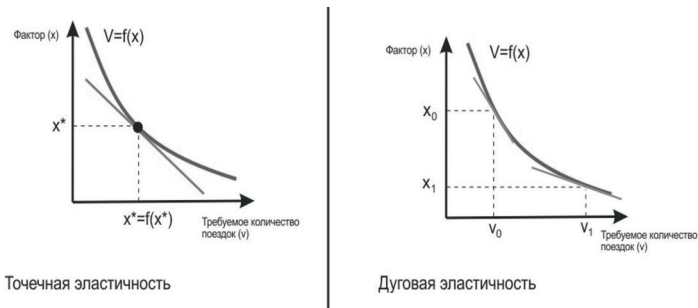


Рис. 3.15. Точечная и дуговая эластичность спроса

Форма для оценки точечной эластичности e_p имеет вид:

$$e_p = \frac{dv/v}{dx/x} = \frac{dv}{dx} \frac{x}{v} = f(x^*) \frac{x^*}{f(x^*)} \quad (3.7)$$

Формула для оценки дуговой эластичности e_a имеет вид:

$$e_a = \frac{(v_1 - v_0)(x_1 - x_0) / 2}{(x_1 - x_0)(v_1 - v_2) / 2} = \frac{(f(x_1) - f(x_0))(x_1 + x_0) / 2}{(x_1 + x_0)(f(x_1) + f(x_0)) / 2} \quad (3.8)$$

Точечная эластичность – это эластичность, измеренная в одной точке кривой спроса (или предложения). Она является постоянной величиной для всех точек повсюду вдоль линии спроса (или предложения). Точеч-

ная эластичность является точным показателем чувствительности спроса (или предложения) к изменению цен, доходов и т. д. Дуговая эластичность представляет примерную степень реакции спроса (или предложения) на изменение цены, дохода и других факторов при всех наблюдаемых значениях функции спроса. Дуговая эластичность спроса/предложения – показатель средней реакции спроса/предложения на изменение цены товара, выраженной кривой спроса/предложения на некотором отрезке. Дуговая эластичность спроса/предложения используется в случаях с относительно большими диапазонами изменения цен, доходов и других факторов (более 5%), а также если отсутствует достаточное количество исходных данных и удалось замерить, например, две более или менее близкие точки на кривой спроса/предложения. Коэффициент дуговой эластичности всегда лежит где-то (но не всегда) посередине между двумя показателями точечной эластичности для низкой и высокой цен.

Пример точечной эластичности:

Функция совокупного спроса для пригородных автобусных поездок в центр города имеет вид:

$$V = 500 - 20p^2,$$

где V – количество поездок в час;

p – тариф на поездку, руб./поездка.

В некоторый момент времени, когда цена поездки была 40 руб., было совершено 2 000 поездок. Какова эластичность спроса на пригородные автобусные перевозки в отношении цены поездки при заданной функции совокупного спроса?

Решение данной задачи:

Коэффициент точечной эластичности e_p :

$$e_p = \frac{dv/v}{dp/p} = \frac{dv}{dp} \times \frac{p}{v} = (-20)(2)(40 / 2000) = -0,8$$

Два года назад средний тариф на поездку между двумя городами составлял 1 000 руб. за поездку. 45 000 человек совершили такую поездку в течение года. В прошлом году средний тариф составил 1200 руб. и число людей, её совершивших составило 40000. Предполагая, что другие факторы, влияющие на совершение поездок (такие, как безопасность, экономичность и т. д.) не изменились, определим коэффициент эластичности относительно стоимости поездки.

Решение:

$$e_a = \frac{\Delta Vx(P_1 + P_2) / 2}{\Delta Px(V_1 + V_2) / 2} = \frac{(45000 - 40000) \cdot (1000 + 1200) / 2}{(1000 - 12000) \cdot (45000 + 40000) / 2} = -0,647$$

Какова же интерпретация значений коэффициента эластичности? Она проиллюстрирована на рисунке 3.16.



Рис. 3.16. Интерпретация значений коэффициента эластичности

Рассмотрим пример.

Когда тариф P на автобусную поездку составлял 50 руб., количество ежедневных поездок q составляло 2000. При снижении тарифа до 25 руб. количество поездок увеличилось на 600. Какова эластичность спроса в отношении цены на поездку?

Решение:

$$e = \frac{(q_1 - q_0)(P_1 + P_0) / 2}{(P_1 - P_0)(q_1 + q_0) / 2} = \frac{600}{25} \cdot \frac{(50 + 25) / 2}{(2000 + 2600) / 2} = 0,39$$

Поскольку результирующий коэффициент эластичности меньше 1,0, спрос рассматривается как эластичный по отношению к стоимости поездки.

Концепция эластичности спроса используется для:

- прогноза ожидаемого спроса при изменении цен на поездку, общих личных затрат, стоимости топлива и т. д. Таким образом, появляется возможность оценивать последствия принимаемых политических решений;
- прогноза эластичности спроса для органов управления общественным транспортом, что помогает спрогнозировать его ожидаемое изменение (и, соответственно, спрогнозировать ожидаемое изменение в доходах перевозчика) при изменениях в характеристиках предоставляемых транспортными услугами (время поездки, безопасность, комфорт и т. д.). Таким обра-

зом, эти оценки позволяют помочь соответствующим органам управления проверить потенциальное влияние инвестиций в развитие пассажирского транспорта общего пользования, а также последствия увеличения (или снижения) тарифа на поездку;

- оценки воздействия изменений в транспортной системе на спрос на поездки.

Рассмотрим, как эластичность спроса воздействует на доходы от функционирования транспортной системы с установленными тарифами на поездку. Эластичность спроса на поездки ОПТ в отношении цены (тарифа) поездки может быть записана как:

$$e = \frac{\% \text{ изменения числа поездок}}{\% \text{ изменения цены}} \quad (3.9)$$

При этом, если $e > 1$, спрос прямо эластичен, т. е. увеличение в цене будет снижать доходы; а снижение в цене будет увеличивать доходы. В случае, если $e < 1$ – будет наблюдаться противоположный эффект. Если $e = 1$, доходы будут оставаться на том же уровне вне зависимости от изменения цены.

Пример:

Спрос на услуги некоторой системы ОПТ описывается степенной функцией $q = \alpha(P)^\beta$. Транспортное агентство рассматривает вопрос об увеличении тарифа на проезд с 40 до 60 руб. Исходная ситуация описывается следующим образом:

$e_p = -2,75$ (эластичность спроса относительно цены); $q_o = 12500$ поездок/день; $P_o = 40$ руб.

Какая тарифная политика должна быть принята – должен ли тариф P остаться таким, как он был, или должен быть увеличен до 60 руб. ($P_1 = 60$ руб.)

Решение:

$$q = \alpha(P)^\beta$$

α и β – являются параметрами (константами) модели спроса.

$$\frac{d_q}{d_p} = \alpha\beta P^{\beta-1}$$

$$e_p = \frac{d_q}{d_p} \frac{P}{q} = \alpha\beta P^{\beta-1} \cdot Pq^{-1} = \beta$$

Таким образом, как можно увидеть из формулы, показатель степени переменной цены β представляет эластичность спроса относительно цены поездки (тарифа) (P).

Решение:

$$q = \alpha(P)^\beta$$

$$12500 = \alpha(40)^{-2,75}$$

$$\alpha = 3,187 \times 10^8$$

Для $p = 60$ руб. $Q = 4106$

Потеря в числе поездок составит $12500 - 4106 = 8394$

Потеря доходов = $12500 \times 40 - 4106 \times 60 = 253640$ руб. в день

Очевидно, что потеря в спросе на поездки на ОПТ вследствие увеличения цены поездки приведет к очень значительному снижению доходов перевозчика, не возмещаемому увеличением тарифа на перевозку ОПТ. Таким образом, соответствующему органу управления транспортом не следует увеличивать тариф.

Прямая и перекрестная эластичность. Прямой эластичностью называется воздействие изменения цены товара (услуг) на спрос на этот товар (рисунок 3.17). Перекрестная эластичность спроса показывает изменение спроса на товар (услугу) вследствие изменения цены другого товара (рисунок 3.18).



Рис. 3.17. Прямая эластичность

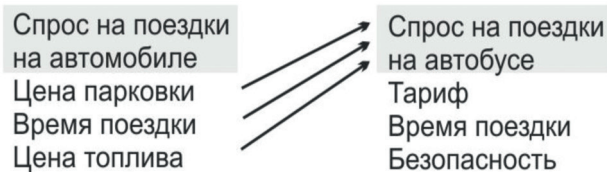


Рис. 3.18. Перекрёстная эластичность

Пример 1:

Увеличение стоимости бензина на 15% привело к увеличению числа поездок на автобусе на 7% и снижению потребления бензина на 9%.

P_o – цена бензина «до»

P_1 – цена бензина «после»

B_o – поездки на автобусе «до»

B_1 – поездки на автобусе «после»

$$P_1 = P_o \times 1,15$$

Перекрестная эластичность спроса считается как:

$$e_n = \frac{\frac{dB}{B}}{\frac{dP}{P}} = \left[\frac{\frac{0,07}{(1 + 1,07)}}{\frac{0,15}{(1 + 1,15)}} \right] = 0,48$$

Прямая эластичность

$$e_{np} = \frac{0,09}{0,07} = 1,28$$

Пример 2:

Если исходная ситуация:

$$Q_o = 10000 \text{ поездок в час}$$

$$P = 40 \text{ руб.}$$

$$e_{np} = -0,2$$

Каким будет количество поездок Q , в случае если тариф на перевозку общественным транспортом снизится до $P_1 = 35$ руб. Как это отразится на доходах компании?

Решение:

Эластичность спроса составляет $e_{np} = -0,2$.

В этом случае 1% снижения платы за проезд (тарифа) на ПТОП приведет к увеличению числа поездок на 0,2%.

$$\text{Снижение тарифа составит: } \frac{40 - 35}{40} = 12,5\%$$

Соответствующее увеличение числа поездок составит 2,5%

Новый спрос на поездки Q_1 составит:

$$Q_1 = 10000 \times 1,025 = 10250 \text{ поездок в час}$$

Дополнительные доходы составят:

$$10250 \times 0,35 - 10000 \times 0,4 = -412,5 \text{ руб/час}$$

Т. е. такое решение будет убыточным несмотря на рост спроса.

Пример 3:

Существующая стоимость поездки на автомобиле составляет 150 руб. (с учетом стоимости парковки). Перекрестная эластичность спроса на автобусные перевозки по отношению к стоимости поездки на автомобиле составляет 0,1. Как и в предыдущем примере $q_0 = 10\ 000$ поездок в час. Какое влияние на число поездок на автобусе окажет повышение платы за парковку на 30 руб.?

Решение:

Перекрестная эластичность спроса на автобусные перевозки по отношению к стоимости поездок на автомобиле составляет 0,1.

Увеличение стоимости поездок на автомобиле составит $30 \text{ руб.}/150 = 20\%$.

Увеличение числа поездок на автобусе составит $20\% \times 0,1 = 2\%$, т. е. дополнительно 200 поездок в час.

Пример 4:

Для тех же условий средний доход совершающих поездки составляет 35 000 руб./в месяц. Эластичность поездок на автобусе в отношении дохода составляет (-0,25). Какой дополнительный доход необходим жителям, чтобы компенсировать вышеуказанный рост стоимости использования личного автомобиля за счет увеличения платы за парковку на 20%?

Решение:

1% увеличения в доходах приводит к 0,25% снижению в числе поездок на ПТОП.

$$\text{Эластичность } I_{np} = -0,25 = \frac{\frac{dq}{q}}{\frac{dl}{l}} = \frac{0,01}{l} \Big/ \frac{dl}{l}$$

$$\frac{dq}{q} = 1\% \text{ (из предыдущего примера)}$$

$$\frac{dl}{l} = \frac{0,01}{0,25} = 0,04 = 4\%$$

Таким образом, увеличение доходов на 4% ($35\ 000 \times 0,04 = 1\ 400$ руб.) покрывает 10% увеличения стоимости использования автомобиля в результате роста стоимости парковки (30 руб.). Это означает, что увеличение среднего дохода на 1 400 руб. предотвратит ранее просчитанное «переключение» 200 пользователей с использования личного автотранспорта на использование ПТОП (автобуса), что, конечно, в данной ситуации не будет способствовать обеспечению устойчивости транспортной системы.

Исследования позволили установить некоторые значения показателей эластичности в отношении таких факторов, как (таблицы 3.6-3.8):

- цена (общая цена поездки, стоимость парковки, стоимость вьезда на определенные городские территории, тариф на поездку ОПТ и др.);
- время поездки;
- комфорт поездки, безопасность, удобство и т. д.

Таблица 3.6

Показатели эластичности спроса на поездки в отношении стоимости парковки по видам пользователей транспорта

Цель поездки	Водитель легкового автомобиля	Пассажир легкового автомобиля	Пассажир общественного транспорта	Пешеход и велосипедисты
Поездки на работу	- 0,08	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,02
Деловые поездки	- 0,02	+ 0,01	+ 0,01	+ 0,01
Образование	- 0,01	+ 0,00	+ 0,00	+ 0,00
Другие	- 0,30	+0,04	+0,04	+0,05

Источник: TRACT (1999)

Таблица 3.7

Эластичность спроса на ПТОП в отношении изменения тарифа на поездку в зависимости от времени дня и размера города

	Большие города (более 1 млн жителей)	Меньшие по размеру города (менее 1 млн жителей)
Среднее для всех часов суток	-0,36	-0,43
Часы «пик»	-0,18	-0,27

	Большие города (более 1 млн. жителей)	Меньшие по размеру города (менее 1 млн. жителей)
Внепиковые часы	-0,39	-0,46
Среднее для внепиковых часов	-0,42	
Среднее для часов «пик»	-0,23	

Источник: *Kain and Liu (1999)*

Таблица 3.8

Оценка эластичности спроса на топливо в зависимости от его цены с учетом вида транспорта и типа топлива

	Эластичность в краткосрочном периоде			Эластичность в долгосрочном периоде		
	Низкая	Базовая	Высокая	Низкая	Базовая	Высокая
Автомобильный бензин	-0,10	-0,15	-0,20	-0,40	-0,60	-0,80
Дизтопливо – грузовики	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,40	-0,60
Дизтопливо – автобусы	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,30	-0,45
Пропан-бутан (авто)	-0,10	-0,15	-0,20	-0,40	-0,60	-0,80
КППГ (авто)	-0,10	-0,15	-0,20	-0,40	-0,60	-0,80
Ж/д дизтопливо	-0,05	-0,10	-0,15	-0,15	-0,40	-0,80
Топливо для турбореактивных авиадвигателей	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,30	-0,45
Авиационный бензин	-0,10	-0,15	-0,20	-0,20	-0,30	-0,45
Дизтопливо для морских двигателей	-0,02	-0,05	-0,10	-0,20	-0,30	-0,45

Источник: *Hagler Bailly (1999)*

Контрольные вопросы:

1. Транспортное предложение. Его описание в терминах экономической теории. Рыночное равновесие.
2. Эластичность транспортного спроса. Виды эластичности. Примеры.

3.5. Выигрыш потребителя и скрытый (латентный) спрос

3.5.1. «Выигрыш потребителя»

Что такое «выигрыш потребителя» в экономической теории в целом? Рассмотрим случай: вы идёте в магазин и видите самую последнюю модель некоего товара (например, гаджета). Его цена составляет 4 500 руб. Этот гаджет Вам очень нужен, и Вы даже готовы были бы заплатить за него 12 000 руб. В этом случае при покупке Ваш личный потребительский выигрыш составит 7 500 руб. У других выигрыш может быть больше или меньше.

Рассмотрим пример:

Рассмотрим «выигрыш потребителя» в контексте транспортного спроса.

- существующий тариф на проезд на ОПТ составляет p руб.;
- некоторые люди готовы платить за проезд q руб., где $q > p$.

Тогда максимальный выигрыш потребителя $q - p$ руб.; минимальный выигрыш составит 0 руб. Тогда средний выигрыш потребителя равен:

$$((q - p) + 0) / 2 = 0,5 (q - p).$$

Для всех тех, кто желает совершить поездку при условиях равновесия V_p^ , общий потребительский выигрыш составит (рисунок П.1):*

$$V_p^* \times 0,5 (q - p) = 0,5 V_p^* (q - p). \quad (П1)$$

Если потребительский выигрыш велик, это может означать, что величина тарифа на поездку занижена.

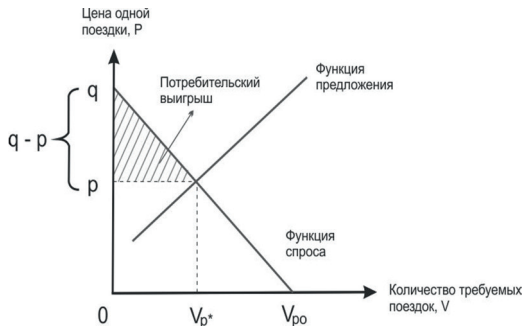


Рис. П1. Графическая интерпретация «выигрыша потребителя» в контексте транспортной системы

Изменения в потребительском выигрыше. Изменения в предложении транспортных услуг (например, увеличение провозных возможностей транспортной системы, улучшение качества услуг (комфорта, безопасности и т. д.)) может привести к изменению в потребительском выигрыше (рисунк 3.19).

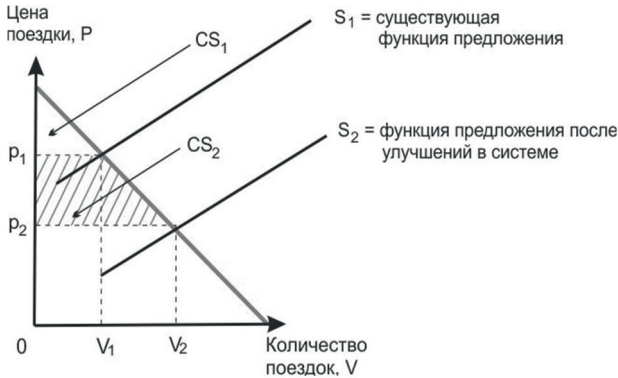


Рис. 3.19. Графическое представление изменения в потребительском выигрыше при изменениях в предложении транспортных услуг

Изменение выигрыша потребителя CS_d , которое является мерой позитивного воздействия проводимых улучшений в транспортной системе, задается уравнением:

$$CS_d = (P_1 - P_2) V_1 + 1/2 (P_1 - P_2)(V_2 - V_1) = (P_1 - P_2)(V_1 + V_2)/2 \quad (3.10)$$

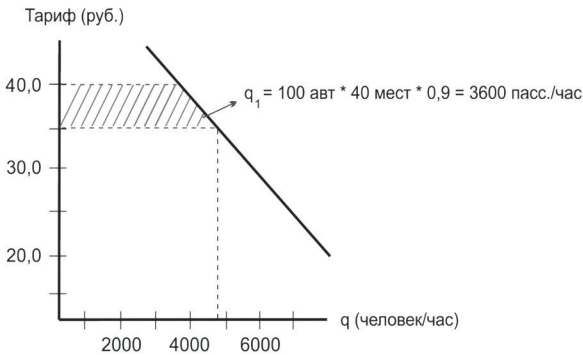
Пример:

Рассмотрим услуги городского автобусного транспорта. Положим, мы имеем следующую ситуацию:

- количество автобусов – 100 ед.;
- максимальная пассажироместимость автобуса – 40 мест;
- заполнение автобусов – 90%;
- тариф – 40 руб. за поездку.

Предлагаемые изменения: на 20% увеличить провозные возможности парка подвижного состава (его численность); довести до 95% заполнение автобусов; снизить тариф до 35 руб.

Требуется рассчитать изменение потребительского выигрыша и определить изменение ожидаемого дохода.

Решение:**Исходная ситуация:**

Количество перевозимых пассажиров в час (q_1): $100 \times 40 \times 0,9 = 3\,600$ пасс./час.

Доходы перевозчика (Rev_1) – 144 000 руб./час.

Предлагаемая ситуация:

Количество перевезенных пассажиров в час (q_2): $120 \text{ авт.} \times 40 \text{ мест} \times 0,95 = 4\,560$ пасс./час.

Доходы (Rev_2) = $4560 \times 35 = 159\,600$ руб./час.

Изменение в потребительском выигрыше:

$$\Delta_{CS} = (40-35) (3\,600+4\,560)/2 = 408 \text{ руб./час.}$$

Изменение ожидаемого дохода составит:

$$\Delta_R = (159\,600 - 144\,000) = 15\,600 \text{ руб./час.}$$

3.5.2. Скрытый (латентный) спрос

Общий случай. Рассмотрим, например, случай с каким-то востребованным товаром, который Вы хотели бы купить. Цена этого товара составляет 4500 руб.

Предположим, производитель захочет подарить этот товар бесплатно каждому желающему. Сколько людей дополнительно захочет его получить в этом случае? Это как раз и будет скрытый (латентный) спрос. О чем это говорит производителю? Это дает ему оценку спроса при предоставлении услуг по 0-й стоимости. Этот показатель полезен для стимулирования сбыта каких-либо товаров (пример, бесплатный товар на ограниченный период в целях рекламы). Он также полезен для стимулирования сбыта взаимодополняющих товаров (например, бесплатный телефон, но Вы платите за соответствующие услуги).

Транспортный контекст. Что такое латентный спрос в контексте транспортного спроса? Рассмотрим это на примере.

Пример. Существующий тариф на поездку на ОПТ составляет P рублей. В среднем V_L людей готово использовать услуги ОПТ в случае, если они будут бесплатными. Тогда латентный спрос составит $V_L - V_p^*$, где V_p^* представляет спрос при равновесных условиях (рисунок П.1).

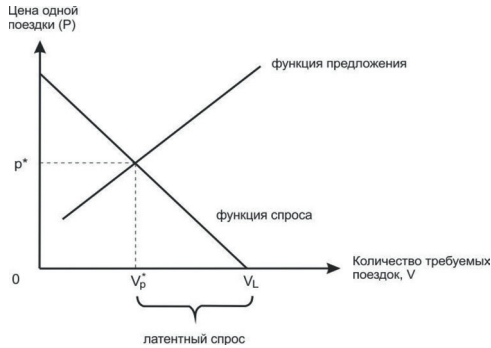


Рис. П.1. Графическая интерпретация латентного спроса в контексте транспортных услуг

$$\text{Латентный спрос} = V_L - V_p^*$$

3.5.3. Транспортный спрос в моделях управления заторами

Рост спроса в долгосрочной перспективе может значительно отличаться от полученного с использованием «статических» или четырехшаговых транспортных прогнозных моделей.

В долгосрочной перспективе меры по уменьшению заторов могут оказать существенное влияние на транспортный спрос. Большинство моделей позволяют получить оценки объемов дорожного движения в долгосрочной перспективе, включая генерируемое/индуцированное движение. Однако даже в течение среднесрочного периода может произойти много значительных и трудных для учета при моделировании изменений, которые могут повлиять на прогнозы и оперативные оценки:

- землепользование может изменяться в целом и на отдельных территориях в ответ на улучшение (или ухудшение) уровня транспортного обслуживания. В большинстве городов имеется много примеров изменения землепользования в ответ на развитие городских автомагистралей или улучшение работы системы пассажирского транспорта общего пользования;
- землепользование может изменяться, в частности, в ответ на уве-

личение скоростей сообщения. Увеличение скорости, как правило, приводит к большей децентрализации, поскольку оно позволяет людям совершать поездки на большие расстояния в пределах их ежедневных бюджетов времени, отводимого на перемещения. Конечно, со временем за такой децентрализацией может последовать увеличение генерации объемов дорожного движения, снижение скоростей сообщения и, в конечном итоге, образование новых заторов;

- спрос на транспорт может изменяться в ответ на такие изменения в политике, которые влияют на стоимость проезда (или стоимость земли) и приводят к изменениям в землепользовании и которые не были учтены при моделировании.

Контрольные вопросы:

1. Латентный спрос, выигрыш потребителя. Интерпретация этих показателей применительно к транспортной системе.

3.6. Транспорт и мобильность

Транспорт и мобильность являются тесно связанными понятиями. В российской практике **транспорт (и отдельные его виды)** традиционно понимается как совокупность различных видов путей сообщения, транспортных средств, персонала, технических устройств и сооружений на путях сообщения, обеспечивающих процесс перемещения людей и грузов различного назначения из одного места в другое [89, 90]. Транспорт в этом контексте представляет техническую основу для реализации мобильности, «транспортное предложение». Как отмечено в [2], **мобильность** (в другой терминологии – **подвижность**) представляет социально-экономическое явление, связанное с пространственным и временным распределением и разделением разнообразной социальной и экономической деятельности. Такая деятельность порождает потребность в перемещениях людей, грузов и товаров между разными пунктами отправления и назначения на рассматриваемой территории (транспортный спрос). **Таким образом, мобильность является мерой реализованной возможности перемещений (т. е. реализованного спроса на перемещения или транспортного спроса).** Как отмечено в [91, 92], при пассажирских перевозках во многих случаях мобильность на практике характеризует то, как далеко человек может переместиться за определенное время.

*Передвижения по способу осуществления подразделяют на пешеходные (пешим ходом), транспортные и общие. Транспортные передвижения совершаются на транспортных средствах общего пользования, автомобилях граждан и организаций, на мототехнике, средствах индивидуальной мобильности или велосипедах. Соответственно транспортная подвижность определяется применительно к используемым видам транспорта. **Общей** подвижностью ($\Pi_{год}$) называется количество передвижений, совершенных всеми группами населения в течение года ($Q_{год}$), отнесенное к числу жителей (P), проживающих в границах города (района обслуживания):*

$$\Pi_{год} = \frac{Q_{год}}{P}$$

Передвижения бывают: 1) простые – передвижения от пункта отправления до пункта назначения, совершаемые пешим ходом или в виде беспересадочной транспортной поездки на определенном виде транспорта; 2) сложные – состоящие из пешеходных и транспортных передвижений или только транспортных, но с пересадками. Передвижения могут быть классифицированы по целям: 1) трудовые; 2) учебные; 3) культурно-бытовые; 4) служебные.

Сегодня в сферах транспортной инженерии, городского и территориального планирования и экономики транспорта термин «транспорт» во многом стал синонимом «моторизованной (или транспортной) мобильности» или, в более общем плане, любого перемещения людей или товаров/грузов, которое связано с использованием транспортных средств. В международном контексте термин «мобильность» сегодня используется все шире и все в более широком значении – для обозначения «любого вида передвижения людей или вещей», независимо от того, связано ли это с использованием автомобиля (или другого транспортного средства) или нет. Таким образом, понятие «мобильность» сейчас относится ко всем видам передвижения – пешеходам, велосипедистам, инвалидам на инвалидных колясках, а также автомобилям, автобусам, трамваям, поездам, грузовикам, самолетам, кораблям и т. д. Терминологическая разница между понятиями «транспорт» и «мобильность» в зарубежной практике в основном отражает тот факт, что в рамках термина «мобильность» пешие и велосипедные передвижения рассматриваются наряду (или даже с большим приоритетом) по сравнению с другими видами передвижения, которые подпадают под более строгий термин «транспорт».

Исходя из изложенного, мобильность может быть **транспортной** (с использованием различных традиционных видов транспорта) или **общей** (включающей любые виды перемещения/передвижения, в т. ч. пешком, на велосипеде и с использованием СИМ). **Транспортная мобильность** является характеристикой транспортного поведения населения, представляющей собой среднее количество поездок на транспорте, приходящееся

на одного жителя за определенный промежуток времени. Мобильность может **измеряться** также различными другими показателями, аналогичными тем, что используются при оценке спроса на перемещения (транспортного спроса) – число совершенных поездок на одно домашнее хозяйство в год, количеством выполненных автомобиле-км на человека (домохозяйство) в год, количеством выполненных пассажиро-км на человека в год, общим расстоянием совершенных перемещений в год и т. д. Автомобильный транспорт пока занимает лидирующее положение в структуре мобильности во всех странах. Несмотря на то, что в ряде стран (например, в Германии) до 25% всех передвижений осуществляется пешком, суммарная дистанция, преодолеваемая пешком, значительно меньше аналогичных показателей для других видов мобильности. В связи с этим, при общем анализе преодолеваемого расстояния в километрах для всех видов мобильности ходьба пешком сильно проигрывает остальным по суммарному числу пройденных километров. В связи с этим, возможно более правильно характеризовать распределение общей мобильности по видам передвижений по **доли времени**, затрачиваемой на них пользователями, или, другими словами, суммарно преодолеваемым расстоянием в километрах с использованием разных видов передвижения, деленным на среднюю скорость передвижения с использованием данного вида передвижения.

В практике транспортного планирования различают **сетевую** транспортную подвижность (мобильность), учитывающую число полных поездок от начального пункта до пункта назначения независимо от количества пересадок и видов транспорта, и **маршрутную** транспортную подвижность (мобильность), где за целую поездку принимается поездка в транспортном средстве одного маршрута, а поездка с одной пересадкой учитывается как две поездки.

Мобильность является неотъемлемой характеристикой современного общества, связанной с его благосостоянием и процветанием [92]. Можно ожидать, что в перспективе мобильность при сохранении существующих тенденций формирования транспортного спроса и управления им будет расти вследствие влияния следующих факторов на общемировом и национальном уровнях:

- роста населения и урбанизации;
- развития экономики и роста благосостояния населения;
- неравномерности экономического развития территорий;
- миграционных процессов;
- роста территорий городов и городских агломераций (приводит к увеличению протяженности поездок; даже с учетом некоторого снижения числа поездок вследствие роста транспортных заторов, рост общего пройденного числа чел-км в этих условиях будет продолжаться!);
- роста экономических связей и дальнейшего разделения труда;

- ошибок в реализации политик в сфере территориального развития, транспортного и градостроительного планирования.

По прогнозам Международного транспортного форума [93] общая моторизованная мобильность в городах **может** увеличиться на 94% в период между 2015 и 2050 годами.

Но сказанное не означает, что **рост мобильности** во всех случаях является неизбежным и положительным явлением и к нему надо стремиться. Рост **транспортной мобильности** в любом случае связан с ростом пробега транспортных средств, с ростом негативных последствий работы транспорта (транспортных экстерналий). Даже переход на использование электромобилей и полностью автоматизированных транспортных средств в перспективе не исключит таких проблем, как выбросы от автотранспорта (например, выбросы мелкодисперсных частиц от износа шин, дорожного покрытия, тормозов), безопасность движения, транспортный шум, транспортные заторы, переполненность общественного транспорта. Поэтому в рамках реализации транспортной политики задача может ставиться только в аспекте обеспечения обоснованного **спроса на транспортную мобильность**. Рост мобильности должен, в том числе, обеспечиваться за счет роста связанности территорий. В то же время абсолютно очевидно, что должны создаваться все возможные условия для обеспечения роста **активной мобильности (в том числе за счет переключения на неё части транспортной мобильности)** – развития использования пешеходного и велосипедного движения, как не только решающего задачи обеспечения перемещения людей в городских условиях, но и создающих условия для улучшения здоровья населения и качества окружающей среды.

На мобильность оказывает влияние и развитие современных информационно-коммуникационных технологий, внедрение различных цифровых сервисов, которые в целом ряде случаев позволяют «замещать» мобильность, удовлетворяя те потребности людей, которые ранее требовали совершения поездок.

В Европейском Союзе каждый человек в среднем суммарно преодолевает 12 000 км в год [2]. В Российской Федерации соответствующие оценки отсутствуют или крайне разноречивы. Имеются только данные по мобильности с использованием отдельных видов транспорта. Так, согласно данным агентства «Автостат», легковые автомобили в России за год в среднем проезжают 17,5 тыс. км (2019) [94]. С учетом среднего наполнения легкового автомобиля (1,3 чел.) мобильность с их использованием составляла в 2019 году порядка 22 750 пасс.-км на транспортное средство в год, что соответствовало 6 740 км на чел. в год.

Транспортная мобильность (подвижность) населения с использованием метро в этом же году составила 309,0 пасс.-км на чел. в год, на городском наземном пассажирском электрическом транспорте – 58,94 пасс.-км на че-

ловека в год, на автомобильном транспорте (без учета личного автотранспорта) – 5 171,8 пасс.-км на человека в год [95].

Согласно многим прогнозам в ближайшие десятилетия, в мире будет продолжаться рост населения и урбанизации, уровня благосостояния населения в большинстве развитых и развивающихся стран. Это будет сопровождаться изменением транспортных систем, моделей и форм транспортного поведения и мобильности. По данным [2] в 2005 году в городах ежедневно совершалось около 7,5 миллиардов поездок, причем около 47% из них приходилось на личный автотранспорт, около 16% – на общественный транспорт и около 37% – на ходьбу пешком и езду на велосипеде. Конечно, за истекшие годы эти цифры претерпели изменения.

По данным [96], к 2030 г. ежегодный объем пассажирских перевозок превысит 80 трлн пассажиро-км, что на 50% выше уровня 2015 года. К этому же сроку общемировой объем грузовых перевозок возрастет, как ожидается, на 70% по сравнению с 2015 годом, а к 2050 году количество эксплуатируемых в мире автомобилей в два раза превысит нынешний уровень. Одновременно существующий общемировой тренд на ускоренную декарбонизацию уже сейчас приводит к принятию решений по отказу от производства и использования автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) (в первую очередь – с дизельными двигателями), активно внедряются технологии совместного использования транспортных средств, автономного вождения, вводятся различные меры, направленные на перераспределение транспортного спроса на общественный транспорт и использование средств активной мобильности. Все это будет так или иначе влиять на модели транспортного поведения, на структуру мобильности населения.

Говоря о мобильности населения и ее изменении в процессе развития общества и транспортной системы, следует понимать, что, как в агрегированном контексте (общее число пройденных автомобиле-км или пассажиро-км), так и в дезагрегированном (время или километраж проезжаемый/проходимый каждым отдельным жителем) рост мобильности ограничен естественными временными рамками, выделяемыми на передвижения в суточном бюджете времени людей («бюджет времени поездок»), и характеристиками используемой транспортной системы (скорость сообщения, доступность транспорта).

Контрольные вопросы:

1. Транспорт и мобильность. Характеристики и методы оценки. Показатели.

3.7. Временные ограничения мобильности

3.7.1. Бюджет времени поездок (ТТВ) и расходование времени поездок (ТТЕ). Константа Маркетти

Необходимо отметить, что ожидаемый рост агрегированной мобильности будет в определенной мере ограничиваться закономерностями изменения показателей дезагрегированной мобильности отдельных граждан. В большинстве прогнозов мобильности не учитываются должным образом ограничения времени, в течение которого люди готовы совершать поездки, т. е. так называемый «бюджет времени поездок» (ТТВ) – долю времени, выделяемого на поездки, в суточном балансе времени среднего жителя [97, 98].

В 1994 году итальянский физик Чезаре Маркетти (со ссылкой на более ранние работы израильского транспортного аналитика Якова Захави и британского математика и философа Бертрана Рассела) сформулировал принцип постоянства среднего времени, затрачиваемого на поездки («Константа Маркетти») [98]. Маркетти показал, что люди в среднем тратят в день на поездки примерно одно и то же время, которое достаточно стабильно в пространстве и времени и не зависит от других видов деятельности в течение дня. Это время, названное «бюджетом времени поездок» – Travel Time Budget (ТТВ) (представляющее среднее время в пути) – согласно Маркетти, составляет в среднем 1,0-1,1 часа в день. Константа Маркетти может быть записана в виде функции:

$$kM = f(r/v), \quad (3.11)$$

где kM – константа Маркетти;

r – расстояние, которое люди должны преодолеть от своего дома до места работы или радиус города;

v – скорость передвижения, разрешенная для данного вида транспорта.

Существование ТТВ предполагается на основе поведенческой гипотезы, связанной с тем, что люди тратят на поездки фиксированное количество своего **свободного времени** [97]. Такая интерпретация бюджета времени поездок, как универсальной константы, по-прежнему сохраняется и оказывает большое влияние на городское планирование. Из предположения о том, что ТТВ постоянен, вытекает предположение о том, что любые инвестиции в совершенствование транспортных систем и транспортной инфраструктуры, приводящие к повышению скоростей движения и сокращению времени в пути, не приводят к сокращению «бюджета времени поездок», как такового, а ведут к увеличению расстояний поездок, совершению до-

полнительных поездок, т. е. по сути сэкономленное время определенным образом «реинвестируется» в новую мобильность [99]. Это, в свою очередь, приводит к расширению территорий городов. ТТВ можно интерпретировать как некий физиологический предел ежедневной мобильности – именно стресс и усталость, накопленные во время поездки, ограничивают время, которое человек готов потратить на мобильность в течение дня. Это является причиной того, что пользователи транспорта неохотно соглашались на длительные поездки, время которых превышает ТТВ.

В последние годы концепция постоянства «бюджета времени поездок» подвергалась критике. Большинство эмпирических данных о бюджете времени поездок было получено путем усреднения результатов крупных обследований поездок населения. Исследования показали, что «константа Маркетти» является очень усредненным показателем, который может быть использован только на общемировом уровне.

Рядом ученых было показано (Purvis, 1994; Levinson and Kumar, 1995; Godard, 1981; Van der Hoorn, 1979; Kitamura, 1992, Landrock, 1981 и др.), что ТТВ не носит всеобъемлющего характера и на агрегированном уровне зависит от целого ряда факторов: средних доходов населения, уровня автомобилизации, возраста пользователей, времени поездок, размера города, плотности населения и др. В таблицах 3.9 – 3.11 представлены некоторые данные о «бюджете времени поездок» с использованием транспортных средств, ежедневных расстояниях поездок и распределении поездок между личным и общественным транспортом, полученные ранее и приведенные в [97]. В таблице 3.12 приведены данные о среднем времени в пути на автомобиле или общественном транспорте в крупнейших городах России, полученные кадровым агентством «SuperJob» по материалам опросов в 2014 и 2019 годах [78, 79].

Таблица 3.9

Статистические данные о ежедневном моторизованном (с использованием транспортных средств) «бюджете времени поездок» (ТТВ) в различных странах и регионах

ТТВ (мин.)	Среднее значение	Стандартное отклонение	Отношение стандартное отклонение/среднее значение, %
Западная Европа	43,65	8,56	19,62
Франция	42,34	5,09	12,02
Океания	52,39	7,43	14,18
США и Канада	56,31	13,83	24,57

ТТВ (мин.)	Среднее значение	Стандартное отклонение	Отношение стандартное отклонение/среднее значение, %
Азиатские города	44,85	6,60	14,73
Развивающиеся страны	41,17	19,84	48,19
Развитые страны	47,71	11,23	23,54
В среднем в мире	45,32	15,19	33,52

Таблица 3.10

Статистические данные о среднем расстоянии ежедневных поездок с использованием транспортных средств, км

Расстояние поездок (км)	Среднее значение	Стандартное отклонение	Отношение стандартное отклонение/среднее значение, %
Западная Европа	21,62	4,80	22,20
Франция	18,94	2,96	15,59
Океания	32,92	5,62	17,08
США и Канада	42,58	14,60	34,28
Азиатские города	22,49	5,33	23,70
Развивающиеся страны	14,23	6,42	45,10
Развитые страны	28,21	12,46	44,19
В среднем в мире	23,08	12,59	54,54

Таблица 3.11

Статистические данные о распределении ежедневных поездок по видам транспорта, (%)

Доля видов транспорта (% поездок с исп. транспортных ср-в)	Общественный транспорт		Личный автотранспорт	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Западная Европа	25,43	7,96	67,92	10,02
Франция	18,05	6,10	80,09	5,79
Океания	5,99	2,41	91,94	1,71

Доля видов транспорта (% поездок с исп. транспортных ср-в)	Общественный транспорт		Личный автотранспорт	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
США и Канада	5,87	4,56	93,19	4,64
Азиатские города	42,28	17,38	48,14	13,70
Развивающиеся страны	43,23	20,46	48,91	21,12
Развитые страны	20,24	13,81	74,70	16,65
В среднем в мире	28,95	19,99	64,93	22,26

Таблица 3.12

Среднее время в пути на автомобиле или общественном транспорте в крупнейших городах России («SuperJob» (2014, 2019 гг.))

Город	Среднее время поездок на работу, мин. (2014) на:			Среднее время поездок на работу, мин. (2019) на:		
	Легковой автомобиль	ОПТ	Желаемое	Легковой автомобиль	ОПТ	Желаемое
Москва	49	62	22	45	> 60	27
Санкт-Петербург	43	57	21	39	<60	24
Волгоград	29	40	17	<30	>40	17
Воронеж	30	41	16	30	>40	16
Екатеринбург	39	45	17	<35	>45	18
Казань	27	41	16	<35	40	22
Краснодар	37	47	18	>35	<50	20
Красноярск	31	42	14	25	40	15
Нижний Новгород	37	47	20	>30	<40	17
Новосибирск	39	45	19	>35	45	19
Омск	28	40	16	<30	>40	19
Пермь	29	42	16	>30	47	19
Ростов-на-Дону	38	48	17	>30	50	19
Самара	33	42	17	30	50	19
Сочи	25	42	14	23	50	19
Уфа	28	42	25	<30	>40	17
Хабаровск	26	39	14	>25	40	15
Челябинск	30	35	15	30	>35	17

Город	Среднее время поездок на работу, мин. (2014) на:			Среднее время поездок на работу, мин. (2019) на:		
	Легковой автомобиль	ОПТ	Желаемое	Легковой автомобиль	ОПТ	Желаемое
Саратов	29	48	16	>30	>40	17
Иркутск	29	41	16	31	42	17

По данным [100] среднее время поездки на работу (в одну сторону) в США составляет 27,6 мин., в Канаде – 26,2 мин., в Соединенном Королевстве – 29,5 мин., в среднем в Европе – 25 мин., а в Китае – 27 мин. (2015).

В то же время на дезагрегированном уровне временные затраты отдельных жителей на совершение поездок, по-видимому, тесно связаны с неоднородностью их индивидуальных характеристик. Исследования мобильности населения привели к введению в практику еще одного важного временного показателя ежедневной транспортной активности людей на дезагрегированном уровне – показателя «использования времени поездок» («Travel Time Expenditure, ТТЕ») [101, 102]. Концепции ТТЕ, ежедневного количества времени, проводимого индивидом в поездках, и ТТВ, **среднего** ежедневного количества времени, которое люди отводят на мобильность, были введены транспортными планировщиками для моделирования спроса на мобильность и объяснения некоторых черт, характеризующих городскую мобильность [103, 104, 105]. Время поездки для отдельных людей различается в зависимости от многих факторов [106]. К таким факторам относятся: возраст и пол пользователей, их социальный статус, образование, уровень доходов, место проживания (например, размер города) и характеристики жилых районов [97]. Время поездок связано также с загруженностью дорог; с временем, проводимым в пунктах назначения; с видом деятельности в конечном пункте назначения. Т. е. индивидуальный образ жизни и характер производственной деятельности в значительной степени определяют поведение людей в поездках. В работе [107] высказано предположение о том, существует взаимосвязь времени поездок отдельных пользователей инфраструктуры в рамках суммарного «бюджета времени поездок» – когда одни пользователи решают тратить на поездки больше времени, других это приводит к решению об отказе от поездок или к их сокращению. В [108] I. Salomon (1997) выдвинул гипотезу о наличии у каждого индивида некоего идеального бюджета времени в пути, от которого он не хотел бы отклоняться. Превышение этого бюджета приводит к дискомфорту, сокращению свободного времени пользователя и в итоге может приводить к отказу от поездок. Статистический анализ эмпирических данных указывает на существование универсального закона, лежащего в основе распределения использования времени поездки ТТЕ, который подчеркивает природу вре-

менных ограничений в транспортной мобильности.

Согласно [104], различные исследования показали, что распределение вероятности ТТЕ $p(T)$ применительно к одному виду используемого транспорта характеризуется экспоненциальным «хвостом» и описывается уравнением:

$$p(T) = \beta^T \exp(-T/\beta), \text{ для } T \text{ более 1 часа}, \quad (3.12)$$

где β – параметр подгонки.

Параметр β определяет среднюю временную шкалу, которая ограничивает ТТЕ, и характеризует экспоненциальный спад кривой плотности распределения ежедневного времени поездок. В [104] предлагается связать значение β с «бюджетом времени поездок» ТТВ.

Для более полного учета информации о динамических процессах, лежащих в основе мобильности людей и формирующих статистический массив данных об использовании времени поездок, в [104] была предложена модель продолжительности поездки, исходящая из следующих гипотез:

- существует «баланс времени поездки»;
- индивидуальное решение продолжить поездку (реализовать мобильность) в течение времени ΔT после ТТЕ представляет реализацию независимого случайного события, вероятность которого уменьшается пропорционально величине ΔT ;
- существует логарифмическое восприятие продолжительности поездки по мере увеличения ТТЕ, а продолжительности поездок распределяются экспоненциально.

Модель продолжительности поездки, согласно [104], описывается уравнением:

$$p(T) = \beta^T \exp(a\beta^T) (1 - \exp(-T/a)) \exp(-a\beta^T \exp(-T/a) - T/\beta), \quad (3.13)$$

где α – «время доступности», еще один (помимо β) параметр функции распределения вероятностей ТТЕ.

Время доступности α характеризует **среднюю доступность объектов городской среды**. Она интерпретируется как среднее время, необходимое для удовлетворения спроса на мобильность с использованием личных **автомобилей**. Чем меньше α , тем доступнее пункт назначения и тем быстрее он может быть достигнут. Поэтому низкие значения α характеризуют более редкое и менее продолжительное использование личного автомобиля. Водители, которые чаще и дольше пользуются своим автомобилем, имеют более высокие значения α , даже если значения β для них примерно одинако-

вы. Исследования, результаты которых представлены в [104], показали, что величины α и β типичны для каждого города. Следует отметить, что по мере увеличения использования времени поездок (ТТЕ), человек привыкает к вождению автомобиля (или к нахождению в общественном транспорте) и у него появляется склонность к более длительным поездкам (в соответствии с его личным ТТВ и количеством дел, которые он должен выполнить).

3.7.2. Влияние перегруженности улично-дорожных сетей (транспортных заторов) на планирование бюджетов времени домашних хозяйств (адаптировано с учетом [18])

За рубежом принято рассматривать не только характеристики использования времени отдельными гражданами, но и планирование бюджетов времени домашних хозяйств¹⁰ [18]. Домашние хозяйства, как правило, живут по относительно постоянному ежедневному графику, и деятельность, которую они осуществляют, ограничена имеющимися у них 24 часами и наличием большого количества «фиксированного» времени (в основном сон и работа). Все другие виды деятельности планируются в оставшееся время, и в той мере, в какой заторы увеличивают время, затрачиваемое на поездки, они могут сократить продолжительность или количество других видов деятельности, в которых могут участвовать члены домохозяйства (например, проводить время с семьей, готовить пищу и т. д.). Реакция домашних хозяйств на транспортные заторы (например, более ранний отъезд на работу) может также нарушить другие виды деятельности домашних хозяйств (например, совместный завтрак, занятия с детьми и др.).

Неофициальные данные о воздействии возросшей загруженности улично-дорожных сетей на домашние хозяйства, как правило, указывают на то, что время семьи, по крайней мере в краткосрочной перспективе, ставится под угрозу увеличением времени поездок на работу. Например, опрос, проведенный Семейным Советом штата Вашингтон в США, показал, что «55% опрошенных, имеющих дом и детей, пропускают одну или несколько семейных функций в неделю из-за заторов на дорогах» и что «85% опрошенных проводили бы больше времени со своими семьями, если бы они могли проводить меньше времени в пробках». Вопрос о том, сколько времени домашние хозяйства выделяют на удовлетворение своих транспортных потребностей в целом и в частности на поездки на работу с учетом времени начала поездки (загруженности УДС), не так прост. Существует мнение о

¹⁰ Домохозяйство трактуется как хозяйственная единица, которая состоит из одного или более лиц, объединяемых общим бюджетом и местом проживания, снабжает экономику ресурсами и использует полученные за них деньги для приобретения товаров и услуг, удовлетворяющих материальные потребности человека.

том, что домашние хозяйства стремятся к устойчивости бюджета времени в пути. Исследования в ряде стран неоднократно выявляли определенную стабильность в количестве суммарного времени, которое домохозяйства затрачивают на поездки, подразумевая, что они (по крайней мере в долгосрочной перспективе) принимают решения, которые служат поддержанию этого времени на более или менее постоянном уровне (например, за счет выбора мест проживания и работы). Тем не менее, поскольку в большинстве случаев размещение мест проживания и работы в краткосрочной перспективе фиксировано, можно видеть, как увеличение времени поездок на работу может негативно сказаться на времени, предназначенном для других видов деятельности. Даже в долгосрочной перспективе возможная теоретическая гибкость, которой могут обладать домохозяйства в части смены места жительства, может оказаться не столь очевидной, особенно в районах с высокой стоимостью жилья, труднодоступностью финансирования приобретения недвижимости, низкой доступностью и высокой стоимостью арендуемой недвижимости, отсутствием практики долгосрочной аренды.

Кроме того, имеются данные о том, что, хотя продолжительность поездок в среднем может быть постоянной, число связанных с работой поездок в крупных городских районах увеличилось и/или что домохозяйства скорректировали свои другие поездки, не связанные с работой, с учетом более длительных рабочих поездок. Так, анализ времени поездок на работу в столичном районе Вашингтон, округ Колумбия (США), проведенный в начале 2000-х Левинсоном, Ву и Рафферти^{11,12}, показал, что время поездок, связанных с работой, оставалось стабильным между 1988 и 1998 годами, если рассматривать только исходный столичный район. Тем не менее, время поездок на работу увеличилось, если учесть расширение столичного района, что показал опрос 1998 года. Аналогичным образом, время в пути до работы в агломерации Миннеаполис – Сент-Пол, также рассмотренное Левинсоном и др., тоже увеличилось между 1990 и 2000 годами. В обоих случаях увеличению времени в пути способствовали заторы. В Парижском регионе (Франция) также, хотя общее время в пути на душу населения оставалось относительно стабильным с 1976 по 2001 год, средняя продолжительность поездок на работу и обратно в последующие годы значительно увеличилась.

Наконец, следует отметить, что не все домохозяйства одинаково подвержены негативному влиянию заторов. У них есть много вариантов, которые позволяют им лучше справляться с последствиями заторов или избегать их. Изменение графика работы (чтобы уходить на работу раньше и раньше

¹¹ Levinson, D., Wu, Y. The Rational Locator Re-examined: Are Travel Times Still Stable? *Transportation*, Vol.32, №2, pp. 187-202, 2005

¹² Levinson, D., Rafferty, P., Delayer Pays Principle: Examining Congestion Pricing with Compensation. *International Journal of Transport Economics*, Vol. 31, №3, pp. 295-311, 2004

возвращаться домой), гибкий график работы, где увеличение ежедневного рабочего времени компенсируется дополнительным выходным днем, другие формы гибкой организации труда – все это варианты, которые имеют в своем распоряжении многие люди, прежде чем рассматривать вопрос об изменении места жительства и/или работы в ответ на более длительные часы, проводимые в поездках на работу.

3.7.3. Подходы к стоимостной оценке времени поездок [18]

3.7.3.1. Оценка стоимости времени в пути: «поэма о Времени»

Подавляющее большинство выгод, связанных с мерами по уменьшению заторов, объясняется прогнозируемым сокращением времени в пути. Прогнозируемая «экономия» времени в пути, обусловленная мерами по уменьшению заторов, обычно умножается на ставку заработной платы (или ее часть) для получения общей прогнозируемой выгоды от внедрения соответствующих мер/решений. Затем эта величина оценивается по отношению к стоимости предлагаемых мер, чтобы определить, приносят ли они чистую выгоду обществу. Важно рассмотреть три аспекта оценки стоимости времени в поездках:

- неоднородность стоимости времени участников дорожного движения;
- использование небольших величин экономии времени в пути;
- производительность использования времени в пути.

3.7.3.2. Неоднородность стоимости времени участников дорожного движения

Пользователи дорог представляют собой множество различных физических и юридических лиц, совершающих поездки с различными целями и в разное время суток. Экономисты в области транспорта признают, что при оценке прогнозируемых выгод от мер по совершенствованию работы транспортной системы необходимо учитывать различные значения стоимости времени для этих различных пользователей.

Одним из важных факторов, который следует учитывать при оценках стоимости экономии времени, является разница между лицами, направляющимися на работу (или на отдых), и лицами, чья работа связана с поездками (включая тех, кто перевозит грузы). Как правило, различные значения стоимости времени оцениваются путем проведения опросов и анализа их результатов, а затем устанавливаются в зависимости от цели поездки. Деловые поездки (в течение которых выполняются некоторые производствен-

ные функции), как правило, имеют более высокую стоимость времени, чем поездки на работу, причем последние обычно рассматриваются как частные поездки (что означает, что они выполняются за счет свободного времени людей).

Еще один вопрос заключается в том, что значения стоимости времени, полученные из фактических почасовых ставок водителей и пассажиров автомобилей в транспортном потоке, могут отличаться по географическому и временному признаку. В этом отношении средние почасовые ставки заработной платы людей, работающих в центральном деловом районе города, вероятно, будут выше, чем в периферийных районах, а в столице – выше, чем в маленьком периферийном городе. Средние почасовые ставки людей за рулем во внепиковые периоды могут быть ниже, чем у тех, кто управляет автомобилем в пиковые периоды. Значения стоимости времени, которые оцениваются как доля средних почасовых ставок, должны отражать эти различия. Эти различия могут иногда иметь важные последствия. Например, в регионах, где принято планировать доставку грузов в определенные временные интервалы, надежность транспортной системы может иметь гораздо большее значение, чем экономия времени в пути непосредственно для грузовых перевозчиков, поскольку более ранняя или поздняя доставка должна быть перепланирована на 24 часа или более до тех пор, пока не освободится следующий доступный временной интервал доставки [18].

3.7.3.3. Использование небольшой экономии времени в пути

В транспортных проектах общая прогнозируемая экономия времени часто складывается из суммы небольших приращений времени, сэкономленных отдельными участниками движения. Эта сумма используется для сравнения проектов между собой, но не обязательно учитывая при этом размер или полезность полученной «экономии» времени для отдельных пользователей. Рисунок 3.20 [18] (см. цветную вклейку) иллюстрирует, как два проекта примерно одинаковой стоимости могут быть оценены по величине общей экономии времени.

В проекте А прогнозируемая экономия времени в размере 10 000 минут в день преобразуется в проектную выгоду в размере 400 000 евро в год. В проекте В прогнозируемая экономия времени в размере 7 500 минут в день преобразуется в проектную выгоду в размере 300 000 евро в год.

Естественно, если отбросить все другие соображения, проект А являлся бы предпочтительным вариантом, поскольку он обеспечивает более высокое соотношение выгод и затрат. Однако, рассматривая дезагрегированную экономию времени, которую получают отдельные пользователи, можно увидеть, что проект В обеспечивает очень ощутимое улучшение в 15 минут для каждого пользователя перегруженного моста, хотя и меньшему

числу пользователей в целом, тогда как проект А обеспечивает выигрыш только 30 секунд в день каждому пользователю оживленной улицы (хотя и большему числу пользователей в целом). В этом случае представляется возможным, что проект В принесет гораздо более ощутимые выгоды в плане уменьшения заторов, чем проект А. Таким образом, рассматривая эти альтернативные проекты, можно понять, что небольшая «экономия» времени в пути (особенно если она составляет менее 35 минут) не может быть легко оценена пользователями дороги на фоне «шума» повседневной изменчивости времени в пути, в то время как большая «экономия» времени гораздо легче воспринимается и оценивается меньшим числом пользователей дорог.

На практике страны по-разному решают вопрос о ценности небольшой экономии времени поездок. Во многих случаях используется общая выявленная экономия времени. В некоторых случаях не рассматривается общая экономия времени, обусловленная индивидуальной экономией менее 3 или 5 минут на поездку.

3.7.3.4. Продуктивность использования времени в пути

При рассмотрении понятия «продуктивности использования времени в пути» речь идет о двух различных типах поездок – поездок, осуществляемых в контексте оплачиваемой экономической деятельности (например, поездки, связанные с осуществлением производственных функций, и/или грузовые перевозки), и поездок, осуществляемых в контексте неоплачиваемой «личной» деятельности (например, поездки на работу, по другим личным нуждам). Хотя эти два типа поездок довольно часто связаны между собой (особенно в пиковые периоды времени, когда работники в рамках своего «личного» времени совершают поездки к местам своей трудовой деятельности), рассмотрим относительную продуктивность и стоимость времени «личных» поездок, поскольку оценка продуктивности трудовых поездок и поездок, связанных с перевозкой грузов, является относительно более простой, учитывая, что затраты и цены на этот вид поездок четко определены на рынке.

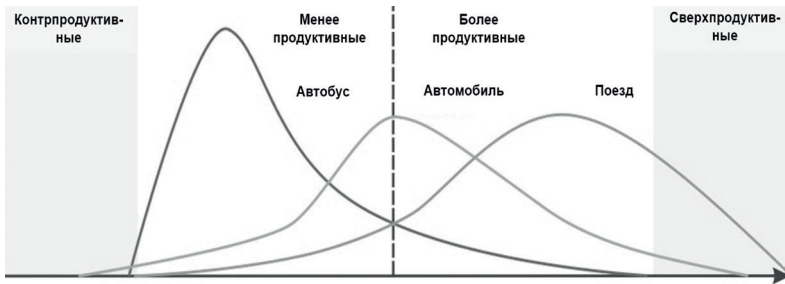
Время, затрачиваемое на «личные» поездки, считается менее продуктивным, чем рабочее время (а в некоторых случаях вообще непродуктивным). Отсюда существует мнение, что задержки во время поездки (движение со скоростью ниже скорости свободного потока) представляют собой «потери» продуктивности, которые каким-то образом должны быть компенсированы путем сокращения времени в пути и преобразования его в более продуктивно используемое время. Действительно, мнение о том, что «экономия» времени в пути превращает непродуктивное использо-

вание времени в продуктивное, лежит в основе многих государственных схем оценки транспортных проектов. Различные органы власти могут проявлять особый интерес к этому аспекту, поскольку они заинтересованы в обеспечении того, чтобы перегруженность дорог не оказывала негативного воздействия на национальную, региональную или местную экономику, на производительность транспортных систем.

Однако, хотя многие участники дорожного движения могут считать время, проведенное в пути, непродуктивным, особенно в случаях, когда оно неожиданно увеличивается, совсем не очевидно, что все время в пути непродуктивно или мало ценится участниками дорожного движения. Например, работа, проведенная рядом исследователей [109], показала существование немалого числа участников дорожного движения, которые по различным причинам оценивают время в пути положительно или, по крайней мере, не так негативно, как предполагалось в прошлом.

Причины такого положения многочисленны, но основное внимание уделяется тому факту, что время в пути с точки зрения участника движения все чаще используется более продуктивно, чем в прошлом. Такие виды деятельности, приносящие личное удовлетворение или способствующие более продуктивной трудовой деятельности, могут включать прослушивание радио (свидетельство популярности утренних радиопередач), прослушивание музыки, мысленную подготовку к работе, уход за собой, прием пищи, чтение, общение, общение по телефону или электронной почте, выполнение своей работы с помощью портативного компьютера. Конечно, не все эти виды деятельности могут быть осуществлены во время вождения автомобиля. Некоторые исследователи (например, Lyons и Urqu) утверждают, что в зависимости от вида транспорта оценка относительной продуктивности времени в пути варьируется от контрпродуктивной (время, которое не только не несет никакой пользы само по себе, но также оказывает негативное влияние на пользователя транспорта, например, через стресс при длительности поездки за пределами допустимой) и через различную степень продуктивности до сверхпродуктивного использования времени в пути (когда использование времени в поездке более выгодно, чем если бы оно было использовано другим способом) (см., например, рисунок 3.21).

Эта гипотеза может иметь важные последствия для политики управления заторами, поскольку ее учет может значительно снизить прогнозируемые выгоды от снижения заторов, рассчитываемые через стоимость сэкономленного времени. Она также подчеркивает важность включения той или иной формы экономического анализа (например, анализа «выгод и затрат») в разработку политики управления заторами. Такие подходы позволяют при определении «оптимальных» уровней загруженности улично-дорожных сетей искать компромисс между выгодами, получаемыми от поездок (даже в условиях заторов), и ущербом, связанным с заторами [18].



Источник: Lyons, G. and Urry, J. (2005).

Рис. 3.21. Характеристика продуктивности времени в пути на разных видах транспорта: пассажирские перевозки

3.7.3.5. Надежность времени в пути и ее значение

Основной целью многих традиционных стратегий и подходов к управлению городскими транспортными системами было (и во многих случаях остаётся!) сокращение или даже полное устранение заторов, с тем чтобы избавиться от «потерь» времени в пути, которые происходят тогда, когда скорость движения транспортных потоков опускается ниже некоторой пороговой величины (часто в качестве такой пороговой скорости рассматриваются ограничения скорости, скорость свободного движения транспортного потока или скорость, близкая к ней). Принятие таких целей привело к сосредоточению внимания органов власти на повышении производительности транспортной системы, измеряемой средними скоростями движения [18].

Однако, нет никакой уверенности в том, что сами пользователи при оценке качества и производительности транспортных систем уделяют внимание только скоростям движения. Пользователи неизменно высоко ценят не только более высокие скорости движения, но и качество среды передвижения и особенно предсказуемость времени в пути (*надежность* работы транспортной системы), которая иногда ценится даже более высоко, чем скорость.

Обеспечение *надежности* транспортной системы является той сферой, в которой власти могут с приемлемой стоимостью удовлетворять ожидания пользователей в отношении качества их поездок по улично-дорожной сети городов. Это особенно важно, учитывая тот факт, что по мере повышения уровня загруженности дорог надежность движения может стать более важным фактором, чем скорость движения, которая в крупных мегаполисах часто довольно низкая. Как отмечал Р. Ноланд: «*Директивные органы, как правило, уделяют основное внимание сокращению среднего времени в пути*

в интересах участников дорожного движения и общества в целом. Это привело к увеличению пропускной способности существующих автомагистралей, что может быть очень дорогостоящим мероприятием, особенно в перегруженных городских районах. Увеличение пропускной способности, как правило, не снижает пиковые уровни заторов, хотя и позволяет пассажирам получать выгоду от сокращения отклонений от расписаний. Если увеличение пропускной способности автомагистралей также уменьшает изменчивость времени в пути и, следовательно, неопределенность, выгоды от увеличения пропускной способности магистралей могут быть существенно больше, чем в случае, когда эти выгоды измеряются только сокращением времени в пути. Однако другие меры политики, которые сокращают отклонения времени в пути, могут быть значительно менее дорогостоящими, чем увеличение пропускной способности дорог, и могут быть не столь спорными или наносящими ущерб местной окружающей среде. Например, увеличение уровня выявляемости ДТП, которые блокируют часть пропускной способности дороги, возможно с использованием систем электронного наблюдения, и быстрое устранение последствий этих ДТП может значительно снизить величину неопределенности времени в пути [110]».

Влияние снижения предсказуемости времени в пути ощущается главным образом через его воздействие на *бюджеты времени* участников дорожного движения. Этот фактор в значительной степени накладывает ограничения на планирование повседневной деятельности людей. Хотя «надежность» может быть менее значима для поездок с социально-бытовыми целями и поездок, связанных с отдыхом, где ограничения планирования могут быть менее выражены, она, безусловно, важна для поездок на работу и для деловых поездок и перевозок грузов (что обусловлено ограничениями, связанными с графиками работы или доставки). Негативное воздействие непредсказуемости времени в пути связано с тем, что пользователи автомобильных дорог должны закладывать в свое расписание поездок временные «буферы» с тем, чтобы гарантировать своевременное прибытие в пункт назначения даже в наихудших условиях поездки/перевозки (или, по крайней мере, в приемлемом проценте поездок). Такое адаптивное поведение имеет интуитивный смысл и было отмечено в ряде эмпирических исследований транспортного поведения пользователей [111].

Однако для того, чтобы изменчивость времени в пути («надежность/ненадежность» поездки) была эффективно учтена в виде цели и учитывалась в политике управления транспортной системой, она должна быть *измерена* и, по крайней мере, с точки зрения определения того, какой уровень изменчивости является приемлемым для пользователей, ей должно быть *присвоено значение*, пригодное для использования с точки зрения проведения анализа «затраты – выгоды».

Методы оценки надежности времени в пути

Подход, основанный на оценке среднего времени поездки и дисперсии времени прибытия к месту назначения. Ненадежность поездки оценивается как стандартное отклонение (или дисперсия) распределения времени в пути. Данные для оценки стандартного отклонения могут быть получены как путем включения в качестве характерных свойств в опрос заявленных предпочтений пользователей (*Stated Preference Survey*) наравне со средним временем в пути, так и через непосредственное измерение дисперсии времени поездки.

Функция полезности определяется через среднюю продолжительность поездки, а также дисперсию (или стандартное отклонение) продолжительности поездки. Параметры для обеих переменных оцениваются, как правило, по указанным данным предпочтений пользователей. В заявленных интервью о предпочтениях респондентам не показывается разница во времени в пути как таковая, поскольку это признается слишком сложной концепцией оценки для большого числа респондентов. Вместо этого каждый альтернативный вариант выбора содержит в качестве характерного свойства, помимо среднего времени в пути и, возможно, стоимости поездки, набор из 5-15 возможных продолжительностей поездки (иногда представленных графически). Определение среднего времени в пути и его разброса в рамках исследования заявленных предпочтений может быть построено таким образом, чтобы эти показатели не коррелировали или слабо коррелировали между наблюдениями. Поскольку оба эти признака, представленные респондентам в указанном опросе предпочтений, будут изменяться более или менее независимо, это позволит избежать двойного учета, если в анализе затрат и выгод будет учитываться время в пути и повышение надежности, а значения для обоих показателей будут получаться из указанного опроса предпочтений.

Из расчетной модели может быть вычислено отношение показателя стандартного отклонения к показателю среднего времени в пути. Это отношение дает отрицательную полезность минутного стандартного отклонения времени в пути в отношении минуты среднего времени в пути. Стоимостное значение «ненадежности» может быть объединено со стоимостью времени в пути (или оцениваться отдельно, если стоимость поездки также включается в функцию полезности). Для применения этих результатов в практическом анализе «затраты-выгоды» транспортных проектов необходимо прогнозировать не только изменение, которое проект вызывает в ожидаемом (среднем) времени в пути, но и изменение в стандартном отклонении времени в пути.

Процентили распределения времени в пути. «Ненадежность» может измеряться также как разность между 80-м или 90-м процентилем распределения времени в пути и медианой (или 50-м процентилем). Опять же, такая оценка может быть получена из исследования заявленных предпочтений участников дорожного движения.

Этот метод тесно связан с подходом «среднее против дисперсии». Ненадежность измеряется и оценивается как 90й процентиль распределения времени в пути минус медиана (или, как вариант, 80й процентиль минус медиана).

Левая часть функции плотности распределения времени в пути (поездки, которые короче среднего времени в пути) не используется в анализе, поскольку эта информация считается малоценной для планирования поездок участниками дорожного движения. 80й или 90й процентиль указывают на значительную задержку, но самые экстремальные продолжительности поездки не рассматриваются, они рассматриваются как выпадающие значения. Чтобы получить значение для «ненадежности», измеренное таким образом, модели должны быть построены на основе использования данных, полученных с использованием методов заявленных предпочтений, выявленных предпочтений или комбинированным методом заявленных/выявленных предпочтений, в которых время в пути и мера ненадежности являются **отдельными** переменными. Опять же в этом случае использование значений обоих показателей в анализе «затраты-выгоды» не будет подразумевать двойного учета.

Модели планирования поездок. Модели планирования поездок во многом основываются на работах Викри (1969) и Смолла (1982). «Ненадежность» при планировании поездок измеряется как количество минут, на которое участник движения отправится или прибудет к месту назначения раньше или позже, чем ему было бы предпочтительно (задержка/опережение по отношению к расписанию). Получение соответствующих оценок может быть предложено респондентам в качестве характерного свойства (характеристики) в эксперименте по выявлению заявленных предпочтений вместе с другими характеристиками, такими как продолжительность поездки и стоимость поездки. Стоимостные значения «буферного времени», полученные для более раннего или более позднего времени прибытия, очень трудно использовать в рамках традиционного анализа «затраты-выгоды», поскольку в этом виде анализа нет ссылки на соблюдение времени прибытия, а только на продолжительность поездки, при этом предпочтительные времена прибытия неизвестны.

Источник: Из Warffemius, P. (2005) [18].

В настоящее время отсутствуют стандартные измерители надежности, как это имеет место для случая стоимости времени поездки. Основная причина этого заключается в том, что определение (да и измерение!) надежности сильно различается в разных странах и регионах ... в тех случаях, когда она вообще определяется или измеряется [18].

Некоторые исследователи стремились отразить «цену надежности» с помощью различных методов, приводящих, однако, к трудно сопоставимым результатам (см., например, приведенные ниже примеры).

В одном исследовании, посвященном цене надежности для участников движения по конкретному автодорожному коридору в Южной Калифорнии, было установлено, что цена надежности неизменно превышает цену времени в пути. Результаты обобщены в таблице 3.13 ниже.

Таблица 3.13

Цена времени в пути и цена надежности

Семейный доход	Значение цены времени в пути	
	\$/час	\$/минута
15 000	2.64	0.04
35 000	3.99	0.07
75 000	5.34	0.09
95 000	6.70	0.11
более 95 000	8.05	0.13
Тип поездки и доход	Значение цены надежности	
	\$/час станд.откл.	\$/минута станд.откл.
Поездки на работу, низкий доход	13.20	0.22
Поездки на работу, высокий доход	15.60	0.26
Нерабочая поездка, низкий доход	10.20	0.17
Нерабочая поездка, высокий доход	12.60	0.21

Значение стоимости времени в пути для средней продолжительности поездки и среднего дохода домохозяйства = \$5,30/час.

Значение стоимости надежности для средней продолжительности поездки и среднего дохода домохозяйства = \$12,60/час стандартного отклонения.

Источник: NCHRP (1999).

Последующие исследования в США были более детальны, отчасти из-за сложности адекватного учета и выделения последствий неоднородностей в оценках пользователями цены экономии времени и надежности. Например, исследование, проведенное в Южной Калифорнии, показало, что стоимостная оценка надежности поездок в коридоре SR 91 (измеряемая как разница между 90-м и 50-м перцентилями времени поездки) оценивалась примерно в 95-140% от стоимости медианного времени в пути, в зависимости от базиса измерения [112].

Другой обзор соотношений стоимости надежности и времени поездки показал, что правдоподобным показателем является значение 1,3 [113]. Этот вывод контрастирует с оценкой исследования, проведенного в Нидерландах, в котором предлагается более консервативный показатель для ценности надежности для пользователей (выраженной в минутах стандартного отклонения), составляющий только 80% от стоимости среднего времени поездки, хотя при этом признается, что в некоторых случаях могут быть оправданы и более высокие стоимости надежности [114].

Исследование, проведенное в 2000 году в регионе Иль-де-Франс (Париж, Франция), показало, что, хотя средняя стоимость времени поездки может быть оценена в 12,96 евро/час, стоимость времени для более раннего и более позднего прибытия (и, таким образом, соответствующего показателя надежности) оценивалась соответственно в 8,61 евро/час и 30,22 евро/час. Таким образом, стоимость надежности (измеренной по отношению к более позднему прибытию) можно рассматривать как более, чем в два раза превышающую стоимость времени в пути [115].

В недавнем эксперименте с определением заявленных предпочтений, в ходе которого изучалась ценность времени и надежности на выборке голландских пассажиров, совершающих регулярные поездки на работу и столкнувшихся с заторами, было установлено, что ценность надежности, выраженная как стоимостная оценка несоблюдения расписания движения (как для более раннего прибытия, так и для более позднего прибытия), также часто оценивается выше, чем ценность времени в пути, особенно для более коротких поездок и для более низких доходов пользователей, как показано в таблице 3.14. Этот вывод справедлив, как для более раннего, так и для более позднего прибытия, хотя последнее обычно оценивается для участников дорожного движения как более дорогостоящее.

Интересно также отметить следующий вывод, нашедший отражение в других исследованиях [116, 117]: стоимость времени поездки и ее надежности, по-видимому, снижается по мере увеличения расстояний поездки, что, возможно, объясняется самостоятельным выбором путешественников, когда совершающие регулярные поездки на более дальние расстояния имеют или более низкую оценку стоимости времени, или готовы мириться с более длительными поездками/повышенной ненадежностью в обмен на другие удобства, такие как, например, более низкие затраты на удаленное жилье. Другим фактором, который необходимо учитывать, является изменчивость времени поездки в зависимости от базового времени в пути. Увеличение времени в пути на 10 минут во время поездки продолжительностью 10 минут, скорее всего, будет считаться более критичным, нежели увеличение на 10 минут времени поездки общей продолжительностью 50 минут.

Таблица 3.14

Стоимость времени поездки и его изменчивости: пассажиры в Нидерландах, совершающие регулярные поездки и сталкивающиеся с заторами

	VOT * (евро/час)	VSNA-E** (евро/час)	VSNA-E/ VOT	VSNA-L*** (евро/час)	VSNA-L/ VOT
Длина поездки					
30 км и менее	6.31	14.82	2.35	19.80	3.14

	VOT * (евро/час)	VSNA-E** (евро/час)	VSNA-E/ VOT	VSNA-L*** (евро/час)	VSNA-L/ VOT
Между 30-60 км	6.20	9.47	1.53	11.23	1.81
60 км и более	10.78	11.18	1.04	9.18	0.85
Доход (домохозяйство/год)					
28 500 и менее	4.88	14.29	2.93	18.74	3.84
28 500 до 45 000	6.08	11.30	1.86	16.79	2.76
45 000 до 68 000	12.31	9.75	0.79	10.56	0.86
68 000 и более	10.10	12.41	1.23	12.02	1.19
*VOT = Стоимость времени. **VSNA-E = стоимость несоблюдения графика - раннее прибытие. ***VSNA-L = стоимость несоблюдения графика - позднее прибытие. Источник: Tseng, YY, Ubbels, B. and Verhoef, E. (2005), «Значение времени, задержки графика и надежность: Оценка результатов эксперимента с заявленным выбором среди голландских пассажиров, столкнувшихся с затором».					

Компании-перевозчики также высоко ценят надежность, особенно потому что они сталкиваются с временными рамками логистических ограничений, которые могут быть в существенной мере нарушены ненадежными перевозками. Например, одно исследование, в котором изучалась стоимостная ценность, которую группа менеджеров в Великобритании придает изменчивости времени в пути, показало, что в среднем эти менеджеры готовы платить дополнительно €1,26 за минуту изменения времени поездки, чтобы уменьшить изменчивость времени в пути [118].

Еще одно исследование [119], проведенное в США, было посвящено оценке затрат предприятий, связанных с заторами. Были рассчитаны суммарные прямые затраты пользователей (стоимость времени и эксплуатационные расходы) и затраты на надежность доставки грузов автомобильным транспортом по парам пунктов отправления и назначения в г. Чикаго (1 669 зон) и Филадельфии (1 510 зон). В таблице 3.15 показаны суммарные значения, определенные по отраслям промышленности, а также для справки дана величина стоимости отгрузки. Здесь также снова очевидна важность обеспечения надежности доставки.

Таблица 3.15

Стоимость времени в пути/эксплуатационные расходы по сравнению со стоимостью задержек доставки по отраслям промышленности

Промышленность/ доставленная продукция	Затраты пользователя в час (стоимость времени+ эксплуатационные расходы)	Затраты на надежность		Стоимость отгрузки
		В мин.	В час	
Сельское хозяйство	\$25.07	\$7.00	\$420.00	\$16 764.55

Промышленность/ доставленная про- дукция	Затраты пользовате- ля в час (стоимость времени+ эксплуата- ционные расходы)	Затраты на надежность		Стоимость отгрузки
		В мин.	В час	
Добыча полезных ископаемых	\$25.04	\$0.83	\$49.80	\$5 469.32
Производство	\$25.66	\$11.20	\$672.00	\$34 681.55

Источник: Weisbrod, G., Vary, D. and Treyz, G. (2003) «Измерение экономических затрат загруженности городских транспортных потоков для бизнеса».

Контрольные вопросы:

1. «Бюджет времени поездок» и расходование времени поездок. Константа Маркетти.
2. Стоимостная оценка времени поездок.
3. Надежность времени в пути и ее значение.

3.8. Доступность

3.8.1. Доступность и ее место в планировании городской среды и транспортной системы

Понятие «доступность» впервые появилась в зарубежных научных публикациях в конце 1950-х годов, включая, в том числе, основополагающую публикацию Хансена (1959), в которой он определил это понятие как «**потенциал возможностей для взаимодействия**» [120].

Как отмечено в [121], взаимосвязь урбанизации, роста автомобилизации и состояния окружающей природной среды обусловлена рядом факторов, действующих в сложной системе социально-экономического развития общества. Современные тенденции развития городской среды связаны с гуманизацией города, при которой он становится не только удобным для жизни людей, но и способствует их профессиональной реализации, социальному и культурному развитию. За последние 15 лет концепция обеспечения качества и удобства жизни в городах вышла на первый план. Основная притягательность современных городов, смысл жизни и ведения в них бизнеса – это предоставление широких возможностей выбора рабочих мест, товаров и услуг, мест проведения досуга, максимальные рынки труда и сбыта, возможности для отдыха и развлечений. Удовлетворённость жизнью каждого конкретного жителя определяется, в том числе, возможностью выбора наилучшего рабочего места (где удаётся раскрыть свои способности и полу-

чить достойное вознаграждение); наилучших (с учетом уровня его доходов) товаров и услуг (в т. ч. в сфере образования, культуры, здравоохранения и т. п.). Эффективность бизнеса также во многом определяется выбором наилучших сотрудников, которых значительно легче найти в крупных городах. Это также относится и к поставщикам, и клиентам. Сделки, покупки – как основной механизм экономического развития – заключаются в результате встреч людей; возможность таких встреч определяется взаимной транспортной доступностью людей и организаций. Понятие «города, удобного для жизни», включает такие элементы рассмотрения, как дом, район и город в целом, с точки зрения тех условий и возможностей, которые предоставляются человеку в городе в отношении безопасности, экономических возможностей, благосостояния, здоровья, комфорта, мобильности, медицинского обслуживания, образования и отдыха. Сегодня основная идея развития городской среды начинает трансформироваться в обеспечение доступности для любого человека (независимо от его социального положения) всех необходимых благ [121]. Наличие и разнообразие таких благ, а также возможностей профессионального роста в крупных городах являются основными драйверами внутренней миграции экономически активного населения. Стремление к обеспечению близости таких благ и возможностей является главной движущей силой стремительной урбанизации планеты. Поскольку домохозяйства и компании стремятся располагаться ближе друг к другу, городская деятельность становится все более концентрированной, и по мере ее концентрации экономические выгоды агломерации становятся все более очевидными [122]. Домохозяйства могут получить доступ к большему разнообразию возможностей трудоустройства, школ, медицинских клиник и мест розничной торговли. Предприятия и фирмы могут использовать большее количество рабочей силы и быть связанными с большим числом групп потребителей, быстрее внедрять инновации и способствовать увеличению глобальных грузопотоков. Но агломерация не является синонимом доступности. По мере роста числа людей и предприятий в городских районах доступность – или легкость доступа к ключевым возможностям – становится все более важной. Обсуждение мер повышения доступности в академической литературе насчитывает десятилетия. Тем не менее, даже по мере того, как вопросы обеспечения доступности приобретают все больший интерес в городах и получают импульс для развития во всем мире, они продолжают оставаться нечетко определенной целью для многих политиков и практиков.

Как отмечено в [123], бывает трудно количественно оценить доступность, если само ее определение пока во многом остается неясным. Следует четко понимать, о какой доступности мы говорим – **«доступа к чему, для кого и как»** мы хотим добиться на основе индивидуальных решений людей и домохозяйств, потребностей различных компаний и изменений в

транспортном поведении населения и характеристиках транспортного рынка. Как определить критерий доступности? Сколько это «слишком много» или «слишком мало» доступности? Каково минимальное социальное требование для доступности? Часовая поездка на работу – это слишком долго? Не слишком ли далеко 10 минут ходьбы до начальной школы? Является ли 15% семейных ежемесячных доходов слишком высокой платой за поездки на работу? Как следует находить потенциальные компромиссы между стоимостью жилья, транспортными расходами и расстояниями передвижения? Если удастся успешно определить показатели доступности и установить их пороговые значения, можно ли будет распространить их за пределы ограниченного числа городских районов, имеющих достаточно исходных данных для таких оценок?

В последние годы усилилась критика повышенного внимания к обеспечению мобильности в городах, и произошло изменение акцента на более четкое определение и измерение доступности в более широком ее понимании (как доступности к объектам притяжения населения). На повестку дня встали вопросы изменения подходов политиков и практиков к тому, как надо **планировать, оценивать, финансировать и эксплуатировать транспортную инфраструктуру и услуги транспорта.**

Прикладные исследования, проводившиеся за рубежом, часто предполагали, что разработка некоего нового показателя доступности приведет к практическим переменам в планировании городских транспортных систем. Тем не менее, **разработка новых показателей является лишь одним из многих аспектов, которые в настоящее время сдерживают сдвиг парадигмы от мобильности к доступности, как движущей силе в области планирования транспорта и землепользования.**

В России самыми быстрорастущими городами, в которых в наибольшей степени проявляются и требуют решения транспортные проблемы, являются Москва, Санкт-Петербург, Тюмень и Краснодар (в них в настоящее время проживает почти 14% населения страны).

Рассматривая термин «доступность», применительно к градостроительной и транспортной политикам в контексте принятой в Российской Федерации терминологии, следует различать «транспортную доступность (или доступность транспорта)» и «территориальную доступность различных мест и объектов притяжения для населения и бизнеса». Обеспечение территориальной доступности становится главной целью транспортных систем, которые создают условия для быстрого и комфортного движения и эффективной мобильности при помощи «открытого дизайна¹³» и городского планирования.

¹³ Открытый дизайн – это форма совместного творчества, когда конечный продукт разрабатывается пользователями, а не внешней заинтересованной стороной, такой как частная компания.

Доступность транспорта (или транспортных услуг) является ключевым фактором обеспечения инклюзивности городской среды. Она включает в себя:

- физическую доступность и безбарьерность транспортной инфраструктуры, включая, в первую очередь, инфраструктуру общественного пассажирского транспорта и немоторизованных видов передвижения (в т. ч. для маломобильных групп населения);
- физическую доступность транспортных средств (в первую очередь, средств общественного пассажирского транспорта) для всех категорий пользователей;
- стоимостную доступность услуг общественного пассажирского транспорта и новых форм городской мобильности (сервисов такси, каршеринга);
- временную доступность городских территорий при использовании общественным пассажирским транспортом.

Транспортная доступность является ключевым показателем качества работы городской транспортной системы и услуг общественного пассажирского транспорта. В последнем случае показатель доступности должен использоваться как при формировании требований к маршрутной сети, так и при формировании требований к услугам транспортных операторов. Требования к доступности задаются системой стандартов и правил (в частности, стандартов транспортного обслуживания населения; стандартов, устанавливающих требования к объектам инфраструктуры и др.). Планирование инклюзивных городских транспортных систем предполагает построение для всех категорий пользователей безбарьерных мультимодальных транспортных цепочек. В этом плане важна также стоимостная доступность транспорта. В разных странах используются разные показатели стоимостной доступности. Так, например, Каррутерс и др. [124] предложили «индекс доступности», который измеряет долю ежемесячного дохода, необходимого для совершения 60 разовых поездок на работу в месяц.

Однако доступность транспорта (территориальная, временная, стоимостная, для разных категорий пользователей) в общем случае не гарантирует доступности различных мест и объектов притяжения (размещение автобусной остановки может обеспечивать доступность данного маршрута для жителей, но сам маршрут и его место в городской маршрутной сети не будут обеспечивать необходимой доступности важных для населения мест и объектов посещения. И даже оптимально спланированная маршрутная сеть в условиях ограниченности местных бюджетов не сможет обеспечить адекватной доступности всех объектов притяжения для всех жителей). С другой стороны, повышение доступности городских транспортных систем (например, реализация задачи обеспечения 90% населения близостью к станциям метро) без внедрения механизмов снижения потребности населения в по-

ездках (за счет расширения смешанного использования территорий и зданий, создания достаточного количества рабочих мест в местах массовой жилой застройки, развития торговой и социальной инфраструктуры и т. д.) ведет к дальнейшему росту мобильности населения. **Неконтролируемый рост транспортного спроса при одновременном расширении и увеличении доступности систем общественного пассажирского транспорта, связывающих ранее удаленные друг от друга места притяжения и места проживания населения, будет приводить к росту перегруженности транспортной системы города** (рисунок 3.22).

Существует, однако, две принципиальные трудности в использовании доступности, как критерия оценки характеристик транспортной системы по сравнению с мобильностью [17]. Первая состоит в том, что доступность является функцией как *сети* (что попадает в сферу юрисдикции транспортных властей), так и моделей *землепользования* (что обычно попадает под юрисдикцию других органов власти). Вторая состоит в том, что система показателей мобильности (скорость, количество перевезенных пассажиров, интенсивность движения и т. д.) намного более разработана, стандартизирована и, может быть, более привычна для транспортных властей, чем система показателей доступности.

Эти два барьера не являются непреодолимыми и за рубежом многие транспортные ведомства (агентства) начали исследовать методы, на основе которых доступность может быть использована как мера характеристик транспортной системы. Однако остается третья и наиболее сложная проблема. Она ассоциируется с тем, к чему люди (в отличие от компаний) пытаются получить *доступ*, и с влиянием, которое это имеет на сочетание пунктов отправления и прибытия в данном регионе.



Рис. 3.22 Замкнутый круг генерации спроса на поездки ПТОП

К совокупности возможных мест притяжения, к которым люди могут стремиться получить доступ, обычно относятся места их проживания, ра-

боты, учебы, объекты торговли и оказания различных услуг. Органы управления транспортом и транспортные планировщики обычно полагают, что меры транспортной политики, которые снижают затраты людей на доступ к местам *притяжения* (например, за счет увеличения скорости поездки или, в качестве альтернативы, за счет разрешения большей плотности застройки), дают большие преимущества в части обеспечения благосостояния населения. Однако люди не выбирают расположение местожительства исключительно из соображений затрат на доступ к предпочтительным местам своих поездок. Люди осуществляют выбор мест проживания, учитывая также стоимость собственности, предпочитаемый стиль жизни и, в более общем случае, то, что может быть ими «получено» в исходной точке, т. е. там, где они живут. Эти ценности могут включать большее жизненное пространство, проживание в отдельном доме, хороших соседей, сельскую местность, лучшие школы, лучшую экологию, наличие рядом «зеленых» и «голубых» пространств и т. д.

Транспортная политика, которая игнорирует различие между получением таких благ в месте проживания и доступом к подобным местам притяжения, будет с большой долей вероятности упускать из виду ключевые факторы, которые должны рассматриваться при управлении транспортной системой и, в том числе, ее загруженностью (наличием заторов) на местном и региональном уровне.

Несмотря на перечисленные проблемы, для транспортных властей важно принимать во внимание то, как формулируются целевые нормативы характеристик транспортной системы и степень, с которой связано то, насколько хорошо транспортная система обеспечивает наилучшую **всеобщую доступность** в противоположность простому отслеживанию физической пропускной способности системы, измеряемой через *мобильность*.

Паез (Paez) и др. [125] определяют доступность как «возможность для участия в различных видах деятельности (взаимодействие с другими людьми и посещение различных мест притяжения/интереса), которые распределены в пространстве и во времени». Чем больше у человека возможностей для участия в каком-либо виде деятельности, чем эти возможности более привлекательны и чем до них легче добраться, тем выше доступность этой деятельности [125]. Другими словами, «доступность» является характеристикой организации жизнедеятельности на определенной городской территории для определенной группы пользователей. Например, Эрик Миллер [126] пишет: «если человек живет рядом с большим количеством магазинов, торгующих высококачественными и недорогими товарами, и если ему легко и удобно ходить или ездить в эти магазины, то этот человек имеет высокий уровень доступности для покупок по сравнению с тем, кто живет в отдаленном районе, который находится далеко от магазинов и/или чьи местные магазины немногочисленны и малы, продают товары низкого ка-

чества по высоким ценам».

Р. Серверо [74] отмечал: «Доступность – это самая широкая перспектива, и поэтому она предлагает наиболее потенциальные решения транспортных проблем, включая более доступное развитие землепользования и использование т. н. «заменителей мобильности», таких как улучшение телекоммуникаций и услуг доставки».

В отличие от мобильности, **доступность** говорит нам о том, сколько интересующих нас мест мы можем посетить за определенное время. Мобильность представляет собой реализацию доступности через возможности совершать необходимые нам поездки и осуществлять взаимодействия с другими людьми и организациями. Конечно, смысл любого передвижения, любой поездки состоит не в том, чтобы проехать как можно дальше и как можно быстрее, а в том, чтобы доставить нас туда, куда мы хотим добраться (к месту работы или учебы, к друзьям или родственникам, в поликлинику, магазин, спортзал и т. д.). То же, как правило, относится и перевозкам грузов.

В связи с этим, для жителей городов и пользователей транспорта главным является не мобильность, а именно доступность. Это определяет также и то, что скорость поездки/перевозки/передвижения не может являться правильным показателем для оценки качества функционирования транспортных систем. Для пользователей транспорта более показательным является показатель общего времени достижения желаемых целей/пунктов назначения (доставки) [127].

Если все услуги и объекты интереса будут сосредоточены в местах проживания населения, то доступность будет максимальной, а спрос на мобильность – минимальным. Доступность мест притяжения может быть обеспечена не только за счет использования транспорта и увеличения мобильности, но и за счет физического приближения (увеличения «близости») этих мест притяжения к пользователю, что в целом ряде случаев может быть сделано за счет политики в области землепользования и принимаемых градостроительно-планировочных решений. Связь между **доступностью, мобильностью и близостью** хорошо иллюстрируется схемой, предложенной Silva and Larson и представленной на рисунке 3.23 [128].

Недостаточная доступность, связанная с недостатками планирования городских и транспортных систем, приводит к ситуации т. н. «транспортной бедности», т. е. к ситуации, когда отдельные группы жителей не могут получить возможности свободно перемещаться к интересующим их объектам, видам деятельности, услугам или достигать их в приемлемые сроки.

В связи с этим, крайне важно учитывать и **финансовую доступность транспорта наряду с финансовыми соображениями, связанными с выбором населением мест проживания.**

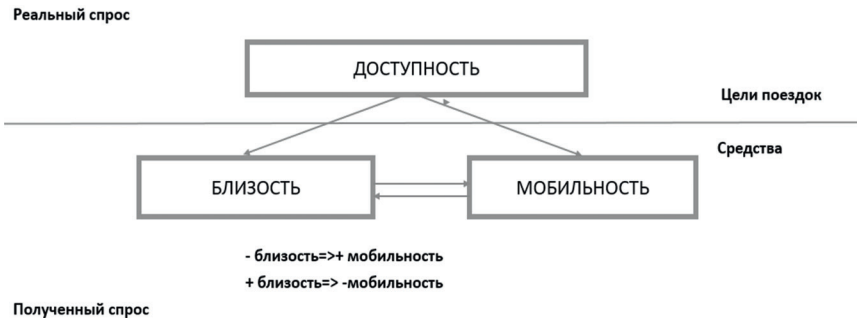


Рис. 3.23. Взаимосвязь доступности, мобильности и близости

Выбирают ли домохозяйства с более высокими доходами более дешевую пригородную землю и, соответственно, большие расходы на совершение поездок? Жертвуют ли обитатели проблемных городских районов качеством жилья для того, чтобы свести к минимуму транспортные расходы? В любом случае доступность требует совместного рассмотрения вопросов землепользования, транспорта, а также последствий воздействия фискальных и финансовых политик и инструментов. Однако во многих городских стратегиях и планах, как за рубежом, так и в России, отсутствует подобный междисциплинарный подход, охватывающий транспортный сектор и сектор землепользования, а также включающий экспертные знания и оценки в области налогообложения и финансирования. Это связано с тем, что различные городские органы власти и организации занимаются решением указанных вопросов без должной координации и взаимодействия (включая вопросы, связанные с финансовой и налоговой политиками).

На рисунке 3.24 представлена адаптированная на основе [128, 129] схема подобного междисциплинарного подхода, учитывающего среди прочего и аспекты обеспечения инклюзивности транспорта и городской среды.

Для разработки нового подхода к обеспечению доступности при создании инклюзивных и финансово-устойчивых городских районов требуется:

- определение и измерение показателей доступности;
- организация межведомственного взаимодействия/управления («вертикальное и горизонтальное взаимодействие функционально различных органов власти»);
- соответствующая налогово-бюджетная и финансовая политики (стоимость земли, тарифы на перевозку, субсидии и др.);
- обеспечение юрисдикционной координации (координации со смежными муниципальными образованиями, органами управления городской агломерации и др.).

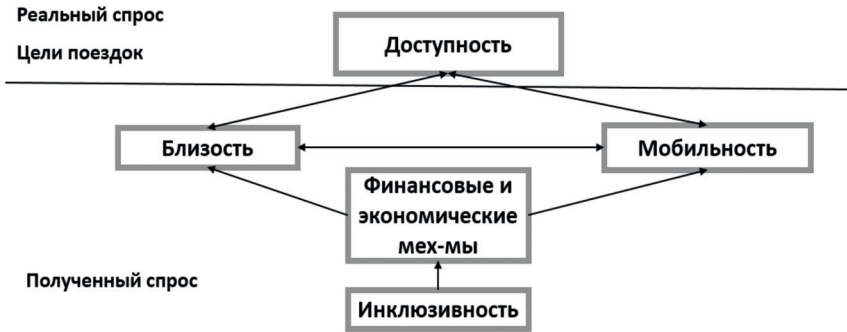


Рис. 3.24. Взаимосвязь доступности, мобильности, близости и инклюзивности

С учетом сказанного выше, обеспечение доступности требует более широкого взгляда, который включает такие вопросы, как землепользование, транспорт и связанные с ними фискальные, финансовые и сопутствующие вопросы проектирования и строительства различных инфраструктурных объектов и систем. В дополнение к этому акценту на развитие инфраструктуры, концепция обеспечения доступности должна также более подробно отражать то, что пользователи ожидают от транспортных систем. Такой подход включает в себя понимание важности доступности для всех категорий пользователей – с любым уровнем дохода, демографическими и другими характеристиками – что в итоге может способствовать инклюзивному городскому развитию. Политики и практики не могут рассчитывать на достижение эффективного и качественного роста городских районов без решения вопросов порождения пространственного неравенства, связанного с развитием застроенной городской среды. Без общего понимания ключевых заинтересованных сторон в свете этих разнообразных потребностей концепция городской доступности будет с трудом завоевывать политическую легитимность и интерес. Короче говоря, как отмечено в [130], широкий и многосторонний охват вопросов городской доступности должен быть в центре внимания широкого круга исследователей, политиков и практиков. Городская доступность представляет собой ключевую соединительную ткань, задействованную в трех глобальных тенденциях: **растущая урбанизация, усугубляющееся неравенство возможностей населения и неэффективная инфраструктура.**

При принятии управленческих решений в сфере финансирования развития транспортной инфраструктуры и транспортных услуг, подходы к ценообразованию, которые могли бы способствовать обеспечению доступности в городах, часто сталкиваются с конкуренцией со стороны других важных целей, таких как обеспечение эффективности работы транспортной сети (снижение ее перегруженности), снижение расходов бюджетов,

обеспечение экологической устойчивости и др.

Доступность следует отличать и от такой характеристики транспортной системы, как **связанность**. Развитость и связанность транспортных коммуникаций, позволяющих связать одну географическую область с другой, один район города с другим, позволяет осуществлять более прямые поездки. Связанность характеризует степень, с которой одна точка (узел) транспортной сети подключена к другим точкам (узлам) сети [128]. Высокий уровень связанности обеспечивает избыточность возможных корреспонденций и, следовательно, повышает отказоустойчивость транспортной сети. **При этом высокая связанность является необходимым (но не достаточным!) условием обеспечения хорошего уровня доступности.**

Наличие и качество пешеходной и велосипедной инфраструктуры (а также инфраструктуры для движения СИМ) может оказать значительное влияние на доступность, особенно для тех, кто не имеет автомобиля. Доступность логически связана с транспортным спросом. Люди высказывают свои предпочтения в отношении различных видов деятельности, выбирая пункт назначения своих передвижений и способы передвижения/виды транспорта. Поэтому доступность определяется тем, как выбираются: фактическое место (цель) передвижения (поездки), вид (виды) используемого транспорта и маршрут. Доступность, как отмечено в [130], «является мерой того, как люди оценивают возможности, доступные им в рамках их пространства действий. Любой показатель доступности должен соответствовать предпочтениям и ограничениям, существующим у людей в отношении спроса на передвижения/поездки или вытекать из них».

Примеры возможных пороговых значений некоторых показателей **транспортной доступности** представлены в таблице 3.16. (в соответствии с [131]).

Таблица 3.16

Возможные пороговые значения некоторых показателей транспортной доступности

Параметры для определения показателей доступности	Возможные значения	
Виды транспорта/передвижения	Легковой автомобиль, общественный транспорт, велосипед	Пешеходное движение
Временной порог и связанное с ним расстояние (для каждого вида транспорта)	15 мин (4 км), 30 мин (8 км), 45 мин (12 км)	15 мин (1 км), 30 мин (2 км)
Пункты назначения	Другие люди, школы, больницы, продуктовые магазины, рестораны, места отдыха и развлечений, зеленые зоны	

D. Papaioannou, N. Wagner и др. [131] предложили также несколько иную систему показателей для оценки доступности городской среды в зависимости от выбираемого вида транспорта (абсолютная доступность, близость, эффективность рассматриваемого вида транспорта) (таблица 3.17). Данные показатели связаны соотношением, проиллюстрированным на рисунке 3.25.

Таблица 3.17

Показатели для оценки доступности городской среды в зависимости от выбираемого вида транспорта (согласно D. Papaioannou, N. Wagner и др.)

Показатель доступности	Описание
Абсолютная доступность	Количество пунктов назначения, доступных в течение фиксированного периода времени с использованием данного вида транспорта, т. е. доступные пункты назначения
Близость	Общее количество пунктов назначения в пределах некоторого расстояния, т. е. близлежащие пункты назначения.
Эффективность рассматриваемого вида транспорта	Отношение числа доступных пунктов назначения при использовании данного вида транспорта к числу близлежащих пунктов назначения



Рис. 3.25. Взаимосвязь абсолютной доступности, близости и эффективности транспорта (согласно D. Papaioannou, N. Wagner и др.)

На практике использование показателей доступности связано с наличием подробной информации о социально-экономических характеристиках различных групп населения, полном наборе доступных им транспортных альтернатив, атрибутах поездок (например, цель поездки, время в пути при различных вариантах выбора способа передвижения), а также демонстрируемом жителями реальном выборе способа передвижения. До недавнего

времени такого микроуровня данных в реальном времени просто не существовало, равно как и возможностей для их хранения и аналитики, позволяющих производить необходимые вычисления. За рубежом только относительно недавно приложения, использующие большие данные, такие как, например, TransitApp, начали генерировать и анализировать подобную исходную информацию. Однако вычислительные трудности по-прежнему во многом остаются сдерживающим фактором для улучшения анализа доступности. Существует явная необходимость наличия программных средств и приложений, которые могли бы помочь в разработке моделей доступности, годных для практического применения.

3.8.2. Методы оценки доступности (адаптировано на основе [130])

Как это очевидно из целей ООН в области устойчивого развития (ЦУР), вопрос определения и измерения целевых показателей имеет решающее значение, в том числе и в отношении Цели 11, которая фокусируется на устойчивых городах и сообществах и имеет одиннадцать целевых показателей. Ряд исследователей отмечали тот факт, что идеальных показателей доступности, скорее всего, не существует, потому что выбор соответствующего показателя зависит от «типа изучаемой проблемы и имеющихся ресурсов» [132, 133].

Даже если удастся успешно определить показатель доступности и установить его целевое значение, открытым остается вопрос о возможности распространения этого целевого значения за пределы ограниченного числа городских районов, имеющих достаточное количество исходных данных. Как же можно оценить территориальную доступность? Существует ряд аксиоматических свойств, которым должны удовлетворять любые показатели, характеризующие территориальную доступность [134]:

- доступность является «точечной мерой», т. е. она изменяется от точки к точке в пространстве. Под точкой при этом понимается конкретное здание, участок или центр какой-либо пространственной зоны, конкретные геокоординаты, для которых рассчитывается показатель доступности;
- доступность для конкретного индивида зависит от конечной цели поездки (предполагаемой конкретной деятельности) и социальных характеристик той группы населения, к которой принадлежит данный индивид (половозрастных характеристик, образования, уровня семейного дохода и др.);
- доступность должна сочетать оценку легкости/трудности совершения передвижения/поездки в различные точки городского пространства;
- измерение доступности предполагает суммирование возможностей пользователей в рамках городского пространства, взвешенных по простоте

достижения выбранных объектов (т. е. возможности достижения объектов, которые находятся ближе/легче доступны, как правило, будут взвешены выше, чем те, которые находятся дальше или более труднодоступны с точки зрения определения общего уровня доступности).

Показатели доступности по своей сути базируются на показателях, позволяющих оценить:

а) **легкость/сложность** совершения передвижения/поездки из данной точки к другим различным точкам пространства. Обычно в теории транспортного планирования она называется полезностью/бесполезностью поездки или «сопротивлением» поездке (импедансом);

б) **привлекательность** (желательность) и/или масштаб возможностей для рассматриваемой деятельности в различных пространственных местоположениях.

Таким образом, разработка показателей доступности на основе принятия сформулированных выше четырех аксиом предполагает определение следующих четырех понятий, на которых они базируются:

- «бесполезность» или сопротивление перемещению;
- привлекательность местоположения;
- роль индивидуальных вкусов, предпочтений и ограничений в определении как эффективности поездки, так и привлекательности местоположения;
- набор местоположений, которые будут включены в расчет доступности.

Понятие «**сопротивления**» передвижению/поездке (импеданса) вытекает из гравитационной модели транспортных взаимодействий, впервые предложенной в статье Хансена еще в 1959 году [120]. Гравитационные модели пространственного взаимодействия имеют долгую историю использования как в географии, так и в моделировании спроса на поездки. В их основе лежит аналогия с Законом всемирного тяготения Ньютона в том смысле, что пространственное взаимодействие между двумя точками пространства предполагается пропорциональным размеру мест притяжения и обратно пропорциональным времени/расстоянию, разделяющему две рассматриваемые точки. Таким образом, «сопротивление» передвижению/поездке (или «бесполезность») определяется расстоянием (с учетом топологии реальной маршрутной сети) или временем, которое должен преодолеть или потратить пользователь. Для всех видов транспорта **время в пути** является наиболее предпочтительным показателем, характеризующим затраты и усилия на совершение поездки. Кроме этого, как отмечено в [130], время в пути является показателем, напрямую отражающим эффективность транспортной политики (повышение производительности транспортной системы сокращает время в пути, тем самым улучшая доступность, и наоборот), в то время как расстояние таким показателем не является. При этом

необходимо отметить, что затрачиваемое время меняется в зависимости от используемого вида передвижения/транспорта и времени дня. Оценка «сопротивления» движению может быть также расширена за пределы учета только времени поездки путем использования интегральных показателей ее общей полезности, которые могут представлять функцию многих ее свойств (стоимости, надежности, «качества транспортного обслуживания» и т. д.).

Привлекательность какого-либо места притяжения наиболее часто оценивается рядом переменных, так или иначе характеризующих его потенциальные возможности с точки зрения пользователей (число рабочих мест, количество магазинов, торговые площади, ценовое разнообразие товаров и услуг и т. д.). Т. е. чем больше возможностей в конкретном месте, тем более оно привлекательно (более вероятно, что пользователь посетит его). Можно ожидать также, что как полезность поездки, так и привлекательность места назначения будут субъективно варьироваться от человека к человеку из-за разницы вкусов и предпочтений, уровней доходов людей и др. Различные ограничения доступности (такие как ограничения движения личных автомобилей; парковочные ограничения; ограничения, связанные со спецификой маломобильных пользователей и др.) также влияют на интегральную доступность различных мест притяжения. Учет всех этих индивидуальных различий очень важен для проведения анализа и принятия политических решений, хотя значительно повышает сложность расчетных оценок доступности. Поэтому многие показатели доступности сейчас рассчитываются на агрегированном зональном уровне с небольшим или даже полным отсутствием разбивки по группам пользователей, т. е. предполагается, что все рабочие места, магазины и т. д., как и пользователи, одинаковы по их характеристикам.

На оценку доступности, помимо перечисленного, влияет и наличие альтернативных возможностей в других местах, расположенных в относительной близости от рассматриваемого места.

Показатели доступности, согласно [130, 134, 135], могут быть подразделены на четыре основные группы:

- относящиеся к расстоянию/времени поездки до ближайшего места притяжения;
- связанные с совокупными возможностями доступа в пределах некоторого временного порога («метод изохрон»);
- основанные на использовании гравитационных или энтропийных методов (например, т. н. «мера Хансена»);
- вероятностные показатели, основанные на оценке полезности.

3.8.2.1. Показатели, относящиеся к расстоянию/времени поездки до ближайшего места притяжения

Принимая интересы и потребности всех жителей, проживающих в некоторой зоне i , одинаковыми по отношению к типу деятельности p , доступность для этой зоны при данном подходе будет характеризоваться минимальным возможным расстоянием (или временем передвижения/поездки) от центра зоны i до мест интересующей деятельности p во всех близлежащих зонах, характеризующихся как «набор местоположений с деятельностью типа p ». В самом упрощенном виде математически такой показатель можно записать как:

$$A^{ip} = \min_{j \in L^p} (d_{ij}), \quad (3.14)$$

A^{ip} – доступность зоны i к местоположению деятельности типа p ;

L^p – набор местоположений с деятельностью типа p ;

d_{ij} – расстояние (или время в пути для данного вида транспорта) от i до местоположения j в наборе местоположений L^p .

Учитывая, что для жителей зоны i существует некий набор интересующих их видов деятельности p_1, p_2, \dots, p_n , а частота совершения поездок с соответствующими целями p_n может быть в среднем оценена величиной α_{pn} , выражение для совокупной доступности местоположения i к n местоположениям с деятельностью типа p можно записать в виде:

$$A^{i(p_1 \dots p_n)} = \min_{j \in L^{p_1 \dots p_n}} \sum_{p_1 \dots p_n} \alpha_{pn} d_{ij}^p \quad (3.15)$$

При данном подходе предполагается, что отдельный индивид, расположенный в зоне i и желающий достичь цели p_n , всегда с вероятностью P_j^{ip} равной 1 выберет местоположение j , для которого величина расстояния d_{ij}^p будет минимальна. Однако необходимо отметить, что данный подход к оценке доступности является весьма упрощенным, поскольку он не позволяет учесть различий в интересах и потребностях для разных категорий жителей (в зависимости от уровней их доходов, половозрастных характеристик и т. д.), частоты поездок каждой конкретной категории жителей с различными целями (трудовые, деловые, культурно-бытовые и др.), вероятности выбора для поездки какого-то вида транспорта, а также различий в размерах/привлекательности различных ближайших местоположений.

Кроме того, в данном подходе не учитывается кумулятивный эффект наличия для жителя зоны i одновременно нескольких доступных местоположений с одинаковыми видами интересующей их деятельности. Всё это определяет тот факт, что подобные показатели имеют весьма ограничен-

ную сферу применения (как правило, используются в моделях выбора места проживания или вида транспорта).

При данном подходе предполагается, что отдельный индивид, расположенный в зоне i и желающий достичь цели p , всегда с вероятностью P_j^{ip} равной 1 выберет местоположение j , для которого величина расстояния d_{ij}^p будет минимальна.

Однако необходимо отметить, что данный подход к оценке доступности является весьма упрощенным, поскольку он не позволяет учесть различий в интересах и потребностях для разных категорий жителей (в зависимости от уровней их доходов, половозрастных характеристик и т. д.), частоты поездок каждой конкретной категории жителей с различными целями (трудовые, деловые, культурно-бытовые и др.), вероятности выбора для поездки какого-то вида транспорта, а также различий в размерах/привлекательности различных ближайших местоположений. Кроме того, в данном подходе не учитывается кумулятивный эффект наличия для жителей зоны i одновременно нескольких доступных местоположений с одинаковыми видами интересующей их деятельности. Всё это определяет тот факт, что подобные показатели имеют весьма ограниченную сферу применения (как правило, используются в моделях выбора места проживания или вида транспорта).

3.8.2.2. Показатели, связанные с совокупными возможностями доступа в пределах некоторого временного порога («метод изохрон»)

Значительно более распространенным и простым в использовании является подход к построению показателей доступности на основе использования изохрон или кумулятивного подсчета [130]. В этом случае показатель доступности зоны i к местоположению деятельности типа p может быть записан в виде:

$$A^{ip} = \sum_{j \in L_{D/i}^p} x_j^p, \quad (3.16)$$

где

$L_{D/i}^p$ – набор местоположений типа p , которые находятся на максимальном расстоянии (или времени в пути) D от зоны i ; x_j^p – размер активности типа p (количество рабочих мест, магазинов и т. д.) в местоположении j .

Однако, как отмечалось в [130], этот показатель также имеет недостатки, связанные с установлением порогового времени в пути до желаемого местонахождения. На практике выбор такого порогового значения (30, 40 или 45 минут) достаточно субъективен, и его назначение может существенно влиять на оценку доступности. Кроме этого, само восприятие людьми временных показателей поездки не может носить такого детерминированного характера – с точки зрения поведенческих моделей вероятность выбо-

ра конкретного местоположения желаемой деятельности при наличии альтернатив уменьшается с расстоянием/временем поездки. Такое изменение носит нелинейный характер – сначала при относительно малых временах поездки различие в доступности между альтернативными местами назначения будет практически отсутствовать, а вероятность их выбора будет высокой. Затем с ростом расстояния/времени поездки, вероятность выбора таких мест будет снижаться и потом резко упадет.

Все это приводит к тому, что данная модель оценки доступности при всей ее понятности и простоте в большей степени применима не к оценке абсолютной доступности, а к сравнению между собой доступности различных зон, территорий, вариантов застройки или размещения объектов инфраструктуры (т. е. определения того, какой/какая из них имеет наилучшую доступность).

При рассмотрении данного подхода необходимо учесть и существующие временные ограничения. Так, в рассматриваемом городе может быть обеспечен высокий уровень доступности различных видов деятельности, но количество свободного времени в день, которое люди могут потратить на эти виды деятельности, может быть недостаточно. Это приводит к измерению доступности, основанному на ограничениях, или измерению доступности, основанному на поведении людей [136]. Например, если человек находится в узле i в момент времени t_1 , в то время как в момент времени t_2 тот же человек должен вернуться в этот же узел i , тогда время $t = t_2 - t_1$ ограничивает количество доступных пунктов назначения j .

3.8.2.3. Гравитационные или энтропийные методы построения показателей доступности

Учитывая недостатки предыдущих рассмотренных показателей, значительно более перспективным с точки зрения получения объективной оценки доступности является использование широкого спектра гравитационных (или энтропийных) показателей, базирующихся на ряде основополагающих статей, в том числе [120].

При данном подходе привлекательность местоположений для населения определяется не только размерами и характеристиками осуществляемой в них активности/деятельности (количество рабочих мест, численность обучающихся, численность магазинов и их торговые площади и т. д.), но и функцией сопротивления перемещению/импеданса, выражаемой расстоянием/временем перемещения между рассматриваемыми зонами (учитывает в т. ч. и условия движения на соответствующих звеньях графа УДС).

В общем виде такие показатели могут быть представлены в виде:

$$A^{ip} = \sum_{j \in L^p} x_j^p \cdot f(d_{ij}), \quad (3.17)$$

где

L^p – набор местоположений типа p в наборе выбора для зоны i ;

$f(d_{ij})$ – функция сопротивления (импеданса); $\partial f / \partial d_{ij} < 0$.

При данном подходе привлекательность местоположений для пользователя взвешивается с помощью функции импеданса: местоположения, которые находятся ближе, взвешиваются сильнее, чем местоположения, которые находятся дальше. Набор местоположений, учитываемых при расчете доступности, определяется набором выбора L^p , а не произвольным порогом ограничения времени или расстояния. Уравнение (3.17) согласуется с моделью выбора местоположения j (вероятность выбора местоположения j для цели p , учитывая, что индивид расположен в зоне i) вида:

$$P_j^{ip} = \frac{x_j^p f(d_{ij})}{\sum_{j \in L^p} x_j^p f(d_{ij})}. \quad (3.18)$$

Из уравнения (3.18) видно, что вероятность выбора местоположения j будет непрерывно уменьшаться с увеличением расстояния/времени, что таким образом, с поведенческой точки зрения, представляет собой значительное улучшение оценки доступности по сравнению с изохронным подходом. Поскольку вывод данной модели основывался на принятии аналогии транспортного поведения с законом всемирного тяготения Ньютона, она часто подвергалась идеологической критике вследствие несогласия оппонентов с идеей распространения физических законов на поведение людей. В работах [137, 138] было показано, что уравнение (3.18) может быть выведено и из теории информации К. Шеннона [139], как наиболее ожидаемая оценка вероятностей пространственного взаимодействия (p_j^{ip}) с учетом информации о характеристиках городской системы (переменные размера мест притяжения, расстояния/времени поездки и др.).

Вывод подобных моделей на основе теории информации позволяет называть их «энтропийными», т. к. понятие энтропии используется в данной теории для количественной оценки информации, содержащейся в модели. Энтропийный подход с теоретической точки зрения обеспечивает надежное статистическое обоснование модели и ее функциональной формы, а с практической – предоставляет методологию для спецификации, как переменных притяжения, так и для спецификации и оценки функций импеданса.

Информационная энтропия — мера неопределённости некоторой системы (в статистической физике или теории информации), в частности непредсказуемости появления какого-либо символа первичного алфавита. В последнем случае при отсутствии информационных потерь энтропия численно равна количеству информации на символ передаваемого сообщения. Клод Шеннон предположил, что прирост информации равен утраченной неопределённости, и задал требования к её измерению:

- 1. мера должна быть непрерывной; то есть изменение значения величины вероятности на малую величину должно вызывать малое результирующее изменение функции;*
- 2. в случае, когда все варианты (буквы в приведенном примере) равновероятны, увеличение количества вариантов (букв) должно всегда увеличивать значение функции;*
- 3. должна быть возможность сделать выбор (в нашем примере — букв) в два шага, в которых значение функции конечного результата должно являться суммой функций промежуточных результатов.*

Формула Шеннона: $H(x) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$.

Если мы определили $x_j^p f(d_{ij})$ как «доступность» зоны j для зоны i , тогда вероятность того, что зона j действительно выбрана для взаимодействия с зоной i равна отношению ее индивидуальной доступности к общей доступности (общему набору опций), возможной для зоны i , что является разумным утверждением.

3.8.2.4. Показатели доступности, основанные на полезности со случайным выбором

Данная группа моделей доступности основана на теории полезности со случайным выбором (теория случайной полезности), которая является продолжением неоклассической микроэкономической теории, направленной на моделирование дискретных выборов, носящих, с точки зрения модели, вероятностный характер. Проблема состоит в том, чтобы предсказать выбор человеком одной альтернативы (вида транспорта и/или пункта назначения для данной поездки) из возможного набора дискретных вариантов. В то время, как предполагается, что лицо, принимающее решения, рационально и, следовательно, выберет альтернативу, которую оно считает наилучшей, разработчик модели, как сторонний наблюдатель процесса, не может с уверенностью сказать, какой альтернативой это будет на самом деле. Следовательно, разработчик модели не может с уверенностью сказать, какая альтернатива будет выбрана, а может только (в лучшем случае) попытаться оценить вероятность выбора каждой возможной альтернативы

[140, 141, 142]. Вывод этого типа моделей из теории случайной полезности связывает их с сильной микроэкономической теорией принятия решений. Данный метод является наиболее сложным и требующим большого количества исходных данных, получаемых в ходе опросов. Общее выражение для данного типа показателей следующее:

$$A_n^i = \ln \left[\sum_{v \in C_n} \exp(V_{n(c)}) \right], \quad (3.19)$$

где

A_n^i – доступность, измеренная для человека n в местоположении i ;

$V_{n(c)}$ – наблюдаемый временной и пространственный компонент косвенной полезности выбора c для человека n ;

C_n – набор выбора для человека n .

Наиболее распространенной формой модели полезности со случайным выбором является модель мультиномиального логита (многочленная логит-модель *MNL*), общая форма которой для случая модели выбора места назначения задается как:

$$P_j^{ip} = \frac{e^{V_j}}{\sum_{j' \in I^p} e^{V_{j'}}} = \frac{e^{\beta Z_j}}{\sum_{j' \in I^p} e^{\beta Z_{j'}}}, \quad (3.20)$$

где

$V_j = \beta Z_j$ – систематическая полезность альтернативы j ;

Z_j – вектор объясняющих переменных;

β – (строка) вектор параметров.

Фактическая воспринимаемая полезность лицом, принимающим решение о поездке, составляет:

$$U_j = V_j + \varepsilon_j, \quad (3.21)$$

где ε_j представляет индивидуальное отклонение индивида с точки зрения того, как он воспринимает полезность альтернативы j относительно средней полезности для населения, V_j . Человек выбирает альтернативу, которая генерирует максимальную воспринимаемую полезность U_j . Эта фактическая воспринимаемая максимальная полезность не наблюдаема, но для случая модели *MNL* можно показать [140], что ожидаемая максимальная полезность (I^p), связанная с этим выбором, задается как:

$$I^p = E \left[\text{MAX}_j (U_j) \right] = \ln \left(\sum_{j \in I^p} e^{\beta Z_j} \right). \quad (3.22)$$

То есть она представляет натуральный логарифм знаменателя моде-

ли бинарного выбора (логит-модели) (обычно называемого термином «*logsum*»)¹⁴. Кроме того, также можно показать, что эта ожидаемая максимальная полезность является *выигрышем потребителя* для этого выбора. Таким образом, это стандартная мера экономической выгоды. Учитывая это, Бен-Акива и Лерман [140] утверждают, что это также обеспечивает поведенческое и экономически обоснованное определение доступности: «доступность для данного вида деятельности – это ожидаемая польза, которая будет получена от участия в этой деятельности, которая также является выигрышем потребителя, связанным с этим участием». То есть:

$$A^{ip} = \ln\left(\sum_{j \in I^p} e^{BZ_j}\right). \quad (3.23)$$

В 1983 году Anas [143] продемонстрировал, что при эквивалентном задании модели основанные на гравитации/энтропии и мультиномиальные логит-модели (*MNL*) полезности со случайным выбором математически идентичны. Как отмечено в [130], «географы-экономисты обычно работают с гравитационными моделями, часто, по-видимому, не подозревая о связи своих моделей с моделями полезности со случайным выбором. Разработчики моделей полезности со случайным выбором (экономисты или инженеры) обычно рекламируют свои модели, как поведенчески превосходящие гравитационные модели, не подозревая о прочных основах гравитационной модели, лежащих в теории информации». Эти разные взгляды на мир часто подкрепляются тем фактом, что гравитационные модели обычно формулируются на агрегированном (зональном) уровне с очень простыми спецификациями, в то время как модели полезности со случайным выбором обычно применяются на дезагрегированном уровне отдельного человека, совершающего поездку, с относительно обширными векторами объясняющих переменных. Но на практике используются также и простые агрегированные модели *MNL*, а теория информации предоставляет механизм для генерации сложных функций импеданса для дезагрегированных моделей, которые могут быть идентичны описаниям в моделях полезности со случайным выбором. Как было показано в [143], эти два типа моделей идентичны не только в части математической эквивалентности, но и в части получаемых оценок доступности. В математической части мера, полученная на основе модели полезности со случайным выбором (*logsum*), представляет натуральный логарифм меры, полученной на основе гравитационной модели. Использование обоих типов мер будет давать одинаковый **относительный порядок** показателей доступности – т. е. если зона *i* имеет больший показатель

¹⁴ Функция LogSumExp (LSE) (также называемая RealSoftMax или multivariable softplus) представляет собой плавный максимум – плавное приближение к максимальной функции, в основном используемой алгоритмами машинного обучения. Он определяется как логарифм суммы экспонент аргументов: $LSE(x_1 \dots x_n) = \log(\exp(x_1) + \dots + \exp(x_n))$

доступности на основе гравитационной модели, чем зона i' , то она также будет иметь большее значение показателя $logsum$ по сравнению с зоной i' . Разница в абсолютных числовых значениях между показателями, полученными с использованием гравитационной модели и модели полезности со случайным выбором, будет в некоторой степени зависеть от контекста, в котором эти показатели используются. Учитывая прямую связь $logsum$ с *выигрышем потребителя* (и, следовательно, с его экономической выгодой), в [130] утверждается, что эта мера должна быть предпочтительна для большинства применений.

В развитие данного подхода Харви Миллером (*Harvey Miller, 1999*) был предложен т. н. «составной показатель доступности». В данном показателе объединены свойства пространственно-временных показателей и показателей, основанных на полезности. При данном подходе на значения показателей доступности, основанных на полезности, накладываются временные ограничения. Составной показатель доступности требует для расчета большего количества данных, чем показатели, основанные только на полезности, и он более сложен с точки зрения вычислений, и, соответственно, обобщения получаемых результатов.

3.8.2.5. Учет вида транспорта при определении показателей доступности

Как отмечалось ранее, время в пути и, следовательно, доступность различных местоположений зависит от конкретного выбранного вида передвижения/транспорта. В приведенных выше разделах меры доступности были определены в терминах доступа к определенному набору местоположений (или пунктов назначения поездки) с использованием **одного вида транспорта**, обычно учитываемого через d_{ij} . Однако, поскольку время поездки, как правило, используется в качестве предпочтительного показателя при определении импеданса при поездках между зонами, то для каждого вида передвижения/транспорта m можно вычислять свои показатели доступности A^{ipm} , используя время поездок именно для этого вида транспорта d_{ij}^m . В частности, показатели d_{ij}^m могут быть подставлены в формулу интегрального (мультимодального) показателя доступности A^{ipm} (3.24), полученную на основе гравитационной модели, которая в этом случае будет записана как:

$$A^{ipm} = \sum_{m \in M} \sum_{j \in I^p} x_j^p f(d_{ij}^m). \quad (3.24)$$

Данная формула предполагает равную вероятность выбора различных видов транспорта пользователями. Конечно, выбор пользователем для по-

ездки вида транспорта (общественный транспорт, велосипед или личный автомобиль) определяется исходя из модели его поведения и соответствующих транспортных предпочтений. Очевидно, что, делая выбор средства передвижения/вида транспорта, пользователь сравнивает ожидаемые характеристики своего транспортного обслуживания («уровень обслуживания») с некоторой моделью того, что он хочет получить. При этом для него будет важно не только время сообщения, но и ряд других показателей, характеризующих поездку. Пользователь при наличии альтернатив в способах передвижения/поездки сравнивает уровни обслуживания для каждой альтернативы и делает свой выбор. Высокий уровень качества транспортного обслуживания, например, ПТОП может стимулировать владельцев личного автотранспорта отказаться от использования своего автомобиля, если соответствующие характеристики поездки на последнем проигрывают с его точки зрения характеристикам поездки на ПТОП. Для поездки между пунктами i и j для выбора пользователя имеет значение целая совокупность факторов – время сообщения, надежность сообщения, комфорт поездки (количество пересадок, наполнение салона, наличие кондиционера, Wi-Fi и т. д.), физическая и ценовая доступность транспорта, риск ДТП, наличие и стоимость парковки. Таким образом, эта совокупность факторов может рассматриваться как комплексный показатель d_{ij}^m , характеризующий «сопротивление поездке». По идее такой показатель может быть построен на основе показателей, используемых в т. н. «стандартах качества транспортного обслуживания населения общественным пассажирским транспортом» [см., например, 144], целевые значения которых, в свою очередь, должны отражать некое усредненное представление большей части населения о том, как должен быть организован и работать общественный пассажирский транспорт (нормативные значения показателей). Соблюдение этих нормативов или их более высокие значения для какого-либо вида транспорта будет означать для него существенное снижение «сопротивления поездке» и преимущество в выборе пользователями.

Рассмотрим следующую ситуацию. Например, выбрано 6 показателей качества поездки на определенном виде транспорта K_1-K_6 – «время сообщения», «надежность сообщения», «комфорт поездки», «безопасность поездки», «время пересадок» и «стоимость поездки». Учитывая разнонаправленный характер влияния показателей на оценку качества поездки, они должны быть приведены к однонаправленным значениям через их обратные значения (исходя из принципа «большие значения – более высокое качество»). На основе соцопросов определяются нормативные значения отдельных показателей качества K_{ni} (устанавливаются, например, на уровне 85% обеспеченности по результатам опросов отдельных социальных групп пользователей). Эти значения принимаются за единицу и откладываются по шести осям многоугольника качества. Весомость каждого показателя для

населения при оценке качества услуг выявляется также на основе соопросов и обозначается показателями $\alpha_1, \dots, \alpha_6$ (см. также раздел 4.4). «Многоугольник желаемого качества» строится по значениям $\alpha_i K_{ni}$ (рисунок 3.26).

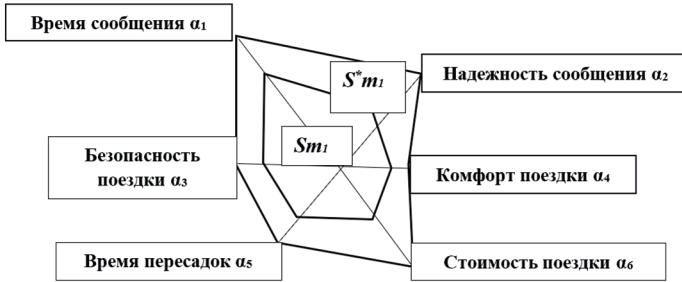


Рис. 3.26. «Многоугольник» желаемого и обеспечиваемого качества поездки

Реальные значения показателей для каждого вида транспорта K_{pi} определяются наблюдениями, имеющимися данными операторов или опросами пользователей. Эти значения показателей представляются для каждого вида передвижения/транспорта и откладываются на тех же осях с учетом определенных весовых коэффициентов α_i в виде такого же многоугольника качества, но обеспечиваемого транспортной системой. При этом надо иметь в виду, что по отдельным показателям возможна ситуация, когда обеспечиваемое качество превышает желаемое (нормативное). Интегральная оценка качества обслуживания на маршруте перевозки ij может быть с определенным приближением представлена для вида транспорта m_i соотношением площадей многоугольников желаемого S^*m_i и обеспечиваемого качества Sm_i :

$$\gamma_{m_i} = \frac{Sm_i}{S^*m_i} \tag{3.25}$$

В этом случае, заменив в уравнении (3.24) функцию «сопротивления» (импеданса) $f(d_{ij}^m)$ на $f(d_{ij}^m, \gamma_{ijm})$ (т. е. на функцию, учитывающую весь комплекс показателей, влияющих на выбор пользователем вида транспорта при поездке между i и j), это уравнение для случая двух видов транспорта (личного и общественного) можно записать в виде:

$$A^{ipm} = \sum_{j \in I^p} X_j^p \left\{ \frac{\gamma_{ijm_1}}{\gamma_{ijm_1} + \gamma_{ijm_2}} [f(d_{ij}^{m_1}, \gamma_{ijm_1})] + \frac{\gamma_{ijm_2}}{\gamma_{ijm_1} + \gamma_{ijm_2}} [f(d_{ij}^{m_2}, \gamma_{ijm_2})] \right\} \tag{3.26}$$

Или для случая n видов транспорта (в том числе при рассмотрении цепочек перемещений):

$$A^{ipm} = \sum_{j \in I^p} X_j^p \sum_{k=1}^n \frac{\gamma_{ijm_k}}{\gamma_{ijm_1} + \dots + \gamma_{ijm_n}} [f(d_{ij}^{m_k}, \gamma_{ijm_k})] \tag{3.27}$$

При этом следует также учитывать, что такие показатели качества, как «комфорт поездки», «надежность сообщения», «безопасность поездки» и экологичность сами по себе являются комплексными показателями, которые могут быть представлены в векторной форме. Так, например, показатель «комфорт поездки» должен конструироваться так, чтобы учитывать такие факторы, как:

- наполнение транспортного средства (важно для оценки качества услуг ОПТ);
- количество и удобство пересадок;
- комфорт в транспортном средстве (наличие кондиционера, Wi-Fi, информационного табло);
- физическая доступность остановочных пунктов и транспортных средств.

Если мультимодальная мера доступности (т. е. такая, при которой все доступные виды транспорта рассматриваются одновременно в рамках одного показателя) должна быть построена на основе модели полезности со случайным выбором, то может также использоваться следующий подход. Определяется «модальная доступность» (один вид транспорта) для одного местоположения на основе *MNL* модели выбора вида транспорта. То есть **вероятность использования вида транспорта m** для поездки из i в j для цели p из набора возможных видов транспорта M_j^{ip} , задается уравнением:

$$P_{jm}^{ip} = \frac{e^{v_{jm}^{ip}}}{\sum_{m' \in M_j^{ip}} e^{v_{jm'}^{ip}}} \quad (3.28)$$

Тогда модальная доступность для зоны j (доступность всеми видами транспорта M) записывается как:

$$A_j^{ip} = \ln\left(\sum_{m \in M_j^{ip}} e^{v_{jm}^{ip}}\right) \quad (3.29)$$

Мультимодальная мера доступности какого-то местоположения из заданного набора L^{ip} , которая расширяет одномодальную меру доступности местоположения на основе *MNL*, может затем быть построена путем принятия вложенной логит-модели совместного выбора местоположения и вида транспорта [140, 142]. Конечным результатом является модель вероятности выбора местоположения и вида транспорта, которая принимает вид:

$$P_j^{ip} = \frac{e^{\tilde{V}_j + \phi A_j^{ip}}}{\sum_{j' \in L^{ip}} e^{\tilde{V}_{j'} + \phi A_{j'}^{ip}}}, \quad (3.30)$$

где \tilde{V}_j – систематическая полезность местоположения j , за исключением полезности, связанной с поездками разными видами транспорта (которая отражается в модели выбора вида транспорта *logsum* в термине модаль-

ной доступности A_j^{ip}), а φ – «параметр масштаба», значение которого должно находиться между нулем и единицей для правильно заданной модели. Мультимодальная доступность местоположения j , связанная с этой моделью, запишется как:

$$A_j^{ip} = \sum_{j \in I^p} e^{\tilde{V}_j + \varphi A_j^{ip}}. \quad (3.31)$$

3.8.2.6. Учет в показателях доступности конкуренции пользователей за получение возможности деятельности или услуг

Важным примером такой ситуации является учет конкуренции между работниками за рабочие места при расчете доступности рабочих мест, поскольку каждая вакансия может быть заполнена только одним работником. Если X_j^p в приведенных выше моделях – это количество рабочих мест типа p , расположенных в зоне j , работники, проживающие в каждой зоне i , конкурируют за эти рабочие места наряду с аналогичными рабочими местами в других зонах занятости. Приведенные выше модели игнорируют эту конкуренцию, поэтому работнику, живущему рядом с очень большим количеством рабочих мест (например, в центральном районе большинства крупных городов), будет присвоен очень высокий уровень доступности. Но если поблизости также живет много других работников, которые конкурируют за эти же рабочие места, эффективная доступность может быть намного ниже из-за этой конкуренции. Чтобы учесть это, можно наложить ограничение на модель выбора местоположения, которое имеет вид:

$$\sum_i P_j^{ip} = X_j^p \forall j \quad (3.32)$$

То есть в среднем количество рабочих мест в зоне j будет точно заполнено работниками, проживающими в жилых зонах, расположенных по всей исследуемой территории. Проработка формулировки модели выбора местоположения в рамках теории информации в конечном итоге приводит к новой мере доступности местоположения, которая имеет вид [145]:

$$A_j^{ip} = \sum_{j \in I^p} \frac{X_j^p f(d_{ij})}{B_j^p}, \quad (3.33)$$

$$B_j^p = \sum_i \frac{w_i^p f(d_{ij})}{A_j^{ip}}, \quad (3.34)$$

где W_i^p – количество работников типа p , проживающих в зоне i . B_j^p – «уравновешивающий фактор», который гарантирует, что ограничение (3.32) выполняется в соответствующей модели выбора местоположения. Это также отражает конкуренцию между работниками за рабочие места,

расположенные в зоне j . В частности, чем больше значение B_j^p (т. е. чем выше конкуренция среди работников за рабочие места в зоне j), тем меньше вклад зоны j в показатель доступности.

3.8.3. Как оценивать доступность при решении практических задач городского и транспортного планирования: ограничения, проблемы и перспективы [130]

Показатели доступности, получаемые на основе либо теории информации, либо теории случайной полезности (а именно эти теоретические подходы являются наиболее комплексными и правильными), являются частными случаями общей абстрактной модели доступности, которая привязана к моделям выбора местоположения. Однако конкретный выбор показателей зависит от контекста их использования, наличия необходимых данных, а также дисциплинарного мировоззрения и осведомленности использующего их аналитика (моделлера).

Проблемы практического использования показателей доступности связаны с:

- выбором объясняющих переменных, которые во многом зависят от характеристик транспортного поведения различных категорий (социальных групп) пользователей;
- выбором при оценке доступности уровня агрегирования (деагрегирования) исходных данных;
- обработкой режимов движения по звеньям транспортной сети;
- оценкой/спецификацией параметров и определением наборов выбора (пространства действий) пользователей, для которого должен быть рассчитан показатель для каждой исходной точки/зоны.

Помимо этого, в транспортном планировании существуют институциональные барьеры для использования мер доступности. К ним относятся:

- недостаточное понимание самой концепции доступности среди политиков (традиционно ориентированных на решение транспортных проблем методами развития инфраструктуры и улучшения работы транспорта), общественности и специалистов, связанных с разработкой и реализацией транспортной политики, с моделированием и планированием городских транспортных систем;
- технические ограничения, связанные с разработкой и применением измерителей доступности в организациях, выполняющих работы по планированию транспортных систем;
- опасения по поводу сложности вычислений, доступности стандартизированного программного обеспечения и доступности данных и т. д.

Существуют и еще две принципиальные сложности использования

показателей доступности, которые должны приниматься во внимание: 1) возможности количественной или качественной оценки доступности; 2) возможности получения стоимостного значения доступности при экономических оценках.

Описанные выше методы получения количественных показателей доступности, основанных на максимизации полезности выбора пункта назначения и/или вида транспорта, позволяют получить **качественные оценки при сравнении вариантов градостроительного развития и развития транспортных систем** в пределах одной территории (один вариант лучше другого). В то же время, отсутствие «нулевого значения» полезности (утилит) не позволяет с достоверностью **количественно** сравнивать разные альтернативы (т. е. сказать во сколько раз первый вариант лучше второго). С поведенческой точки зрения это вполне оправдано, поскольку только различия между полезностями альтернатив определяют вероятности их выбора пользователем. Это хорошо видно из уравнения (3.23), в котором любое изменение («сдвиг») полезности на произвольный (неидентифицированный) параметр C приводит к новому виду формулы (3.35), дающему новое абсолютное значение доступности A^{ip} :

$$A^{ip} = \ln\left(\sum_{j \in I^p} e^{\beta \times Z_j + C}\right) \quad (3.35)$$

Изложенное выше позволяет говорить о следующих практических замечаниях, ограничениях и рекомендациях, связанных с использованием показателей доступности в городском и транспортном планировании:

1. Эти показатели (построенные на гравитационной/энтропийной модели или модели, вытекающей из теории случайной полезности) целесообразно использовать при сравнении градостроительных планов и вариантов застройки территорий, вариантов размещения производственных объектов, объектов жилой застройки, социальной, торговой и прочей инфраструктуры с целью **максимизации доступности объектов массового притяжения и минимизации прогнозируемой мобильности**. В этом случае показатели доступности становятся важным инструментом концепции «Избегай-Сдвигай-Улучшай» (*A-S-I*) (см. также раздел 4.6);

2. Доступность в каком-то определенном контексте (например, сравнение разных городов, разных социальных групп и т. д.) не может быть напрямую сопоставлена количественно (в абсолютных значениях), поскольку неустановленные параметры масштаба и сдвига будут почти наверняка различаться для разных условий и будут несопоставимы; т. е. значение доступности A в первом городе может означать не то же самое, что это же значение A , вычисленное во втором городе.

3. Показатели доступности A^{ip} , выраженные в единицах полезности («утилитах»), не имеют особого физического или интуитивного смысла.

Если доступность одной зоны составляет 300, а второй – 400, доступность второй зоны явно относительно выше, но разница в 100 утилит в любом практическом смысле ничего не означает.

4. Значимые пороговые значения для приемлемой, хорошей или плохой доступности можно определить только для рассматриваемой территории, без распространения этой оценки на другие смежные территории. Всегда можно для рассматриваемой территории построить плотность распределения, скажем, доступности жилых зон для возможностей трудоустройства, и всегда среди этого набора зон этой территории будут, например, нижние 15% зон с наихудшей доступностью. Но, с другой стороны, эта территория в целом может иметь отличную доступность для трудоустройства, и поэтому даже ее самые худшие зоны будут иметь хорошую доступность по сравнению с другими городскими территориями.

5. В деагрегированных моделях доступности, в которых параметры модели и/или объясняющие их переменные часто варьируются в зависимости от человека, перечисленные проблемы еще более актуальны. На выбор вида транспорта или желаемого местоположения влияют такие факторы, как, например, доход человека/семьи. Поэтому этот фактор обычно включается в деагрегированные модели. Однако это означает, что доступность, рассчитанная для человека с высоким доходом, будет отличаться от доступности, рассчитанной для человека с низким доходом, даже если они окажутся в объективно идентичных обстоятельствах (например, тот же набор вариантов времени в пути и стоимости поездки и т. д.). Кроме того, люди часто могут подразделяться на относительно однородные группы (например, работники могут быть сгруппированы по роду деятельности) и для каждой группы могут быть разработаны свои отдельные модели (что приводит к различным векторам параметров – β 's в формуле (3.23) – для разных групп). Это означает, что параметры масштаба и сдвига для каждой подмодели могут отличаться, что снова делает невозможным прямое сравнение возможностей доступа для разных групп населения. Использование в этих целях агрегированных моделей позволяет снизить серьезность этой проблемы оценки, хотя и в этом случае возникает возможность значительных искажений вследствие использования в расчетах агрегированных данных, которые часто упускаются из виду: если люди действительно неоднородны по предпочтениям, ограничениям и потребностям, **оценка для них совокупной средней доступности вызывает определенные вопросы.**

6. Сравнение возможностей доступа между разными городами или социальными группами (или в других контекстах) возможно, в принципе, путем определения показателей доступности таким образом, чтобы они стали сопоставимыми в численном отношении. В 2006 году Dong и др. [147] был разработан метод, который может быть адаптирован для преобразования масштабируемых возможностей доступа A^{ip} в демасштабируемые

\tilde{A}^{ip} , которые можно сравнивать по разным группам и т. д. Это предусматривает определение следующего параметра $\alpha_{p,z}$:

$$\alpha_{p,z} = \frac{A^{ip}(\Delta z) - A^{ip}(\text{Base})}{\Delta z \sum_j \sum_m P_{jm}^{ip} z_{jm}^i}, \quad (3.36)$$

где

$A^{ip}(\text{Base})$ – базовая доступность для зоны i и деятельности/группы p ;

Δz – фиксированное незначительное изменение объясняющей переменной z (обычно стоимости поездки или времени в пути), которое применяется ко времени в пути от пункта отправления до пункта назначения ($O-D$);

$A^{ip}(\Delta z)$ – новая доступность, основанная на Δz , добавляемая к времени поездки $O-D$;

P_{jm}^{ip} – вероятность того, что человек из зоны i отправится в зону j видом транспорта m , вычисляемая с помощью любой модели выбора местоположения, связанной с используемой мерой доступности;

Z_{jm}^i – время в пути для вида транспорта m от i до j .

Числитель уравнения (3.36) устраняет неидентифицируемый эффект сдвига в модели, поскольку он компенсируется вычитанием базовой доступности из обновленного значения. Числитель также представляет чистое абсолютное изменение доступности, вызванное равномерным изменением z внутри рассматриваемой системы. Знаменателем является изменение общей стоимости/времени поездки из-за изменения z , α при этом может быть интерпретировано как эмпирическое приближение предельной доступности по отношению к изменению z во всех точках системы [147]. Его единицами являются единицы полезности для рассматриваемой группы p (утилиты^р) за денежную единицу (рубли, доллары и т. д.) или минуту поездки, в зависимости от того, что представляет переменная z и категория p . \tilde{A}^{ip} затем может быть вычислено как:

$$\tilde{A}_z^{ip} = \frac{A^{ip}}{\alpha_{p,z}} \quad (3.37)$$

\tilde{A}_z^{ip} выражается в тех же единицах, что и z – либо в денежных единицах, либо в минутах – в зависимости от обстоятельств, и поэтому может напрямую сравниваться с другими демасштабированными возможностями доступа в других группах [148].

7. Возможности доступа можно преобразовать в стоимостную форму. Если используются показатели доступности «*logit logsum*», то их можно интерпретировать как показатель выигрыша потребителя. Следовательно, такие меры могут быть использованы непосредственно в экономическом анализе затрат и выгод («*cost-benefit*»), если это будет необходимо. В современной практике это делается редко, возможно, из-за сложностей, свя-

занных с этим вычислений. Тем не менее, при наличии современных возможностей вычислительного оборудования и ПО, а также цифровых баз данных на основе ГИС для этого нет технических препятствий.

8. Типичные функции «полезности» достаточно упрощены и на самом деле не отражают в должной мере реальной полезности для людей участия в рассматриваемой деятельности (в наиболее распространенном случае они состоят просто из термина « $\ln(SIZE_j)$ » (например, $\ln(Emp_j)$, где Emp_j – характеристика числа рабочих мест в местоположении j плюс термин модальной доступности (доступности определенными видами транспорта для данного местоположения)). То есть они не включают в себя никакой оценки ценности деятельности для участника. Действительно, эти формулировки представляют собой очень упрощенную вложенную логит-модель, в которой предполагается, что для пользователя имеет значение только количественные характеристики рассматриваемой деятельности в данном местоположении (т. е., например, общее число рабочих мест), а не качественные характеристики (показатели, атрибуты) этой деятельности. В случае расчетов доступности с точки зрения занятости (доступности рабочих мест), например, верхний уровень – это выбор зоны занятости j , с неявным выбором на нижнем уровне конкретной работы в этой зоне. Можно выдвинуть гипотезу о систематической полезности данной работы k в зоне j как W_{jk} , где W_{jk} – вектор качественных характеристик/атрибутов рабочих мест (зарплата, качество рабочей среды, требования к образованию/опыту, перспективы профессионального роста и т. д.), а μ – вектор характеристик (строка). В этом случае функция систематической полезности модели выбора местоположения верхнего уровня может быть записана в виде:

$$V_j = \theta \ln \left(\sum_k e^{\mu W_{jk}} \right) + \phi A_j^{\text{ip}}, \quad (3.38)$$

где θ – параметр масштаба со значениями от нуля до единицы.

Если предположить, что все рабочие места во всех зонах идентичны ($W_{jk} = \forall j, k$), то для практических вычислительных целей логарифмический член в уравнении (3.38) может быть заменен на $\ln(Emp_j)$, т. е. выражение из классической гравитационной модели. Таким образом, в сущности, все рассмотренные показатели доступности рабочих мест подразумевают, что все рабочие места имеют одинаковую ценность для всех работников. Очевидно, что это предположение явно неверно. Как показано выше, технически возможно (если позволяют данные) попытаться зафиксировать в показателях доступности неоднородность характеристик **желаемой** трудовой деятельности. В случае оценки доступности рабочих мест хороший транспортный доступ к большому количеству **высокооплачиваемых** рабочих мест (скажем, для данной профессиональной группы) будет давать более высокий балл доступности, чем тот же уровень транспортного доступа к

тому же количеству низкооплачиваемых рабочих мест. По-видимому, такая мера является гораздо лучшим показателем, отражающим экономическую выгоду от обеспечения доступности, чем обычно используемые агрегированные показатели доступности.

Приведенные рассуждения можно в полной мере применить и к оценке доступности других мест притяжения, связанных с оказанием услуг и осуществлением покупок, обучением, а также другой деятельностью, связанной с различными предпочтениями пользователей исходя из их доходов, вкусов, возможностей.

9. Все рассматривавшиеся ранее показатели доступности по своей природе основаны на базовой модели поведения в поездках, предполагающей совершение **одной поездки в одно место с одной целью**. На самом деле жизнь людей обычно организуется на основе ежедневных и еженедельных неформальных расписаний деятельности/занятий. Ежедневные поездки в связи с этим организуются **как цепочки передвижений/поездок (или туров)** с учетом повседневной активности людей и/или домохозяйств, что признано в современной практике моделирования. То есть моделируется повседневная активность человека и/или домохозяйства и поездки, которые генерируются для выполнения этих моделей [148, 149]. Этот гораздо более целостный подход к моделированию спроса на поездки обеспечивает альтернативную основу для измерения доступности. Вместо того, чтобы вычислять ряд отдельных показателей доступности по видам деятельности/целям поездки, а затем интегрировать их в рамках модели доступности местоположения проживания, чтобы определить их относительные значения для домохозяйства, теоретически и технически возможно (хотя это пока не было реализовано на практике) вычислить общую доступность для обеспечения всего спектра интересующих видов деятельности для обеспечения повседневной жизни домохозяйства [146]. Такой подход может оказаться гораздо более обоснованным с точки зрения поведения пользователей, чувствительности к мерам транспортной политики и, возможно, даже более привлекательным с точки зрения выполнения расчетов (поскольку эти возможности доступа могут автоматически вычисляться в рамках каждого запуска модели активности/поездок), по сравнению с существующими методами.

10. Еще одной возможностью использования показателей доступности и их улучшения является их включение в модели выбора места проживания. Точно так же, как модальная (по видам транспорта) доступность может быть включена в качестве объясняющей переменной в модель выбора места работы (или других мест различных видов деятельности), так же и условия доступности различных местоположений (мест работы, различных видов деятельности) могут быть включены в вероятностные модели выбора расположения жилых зданий, которые также обычно формулиру-

ются как *MNL* или, возможно, вложенные логит-модели. Функция систематической полезности такой модели может быть преобразована для получения функции «готовности платить» (или «гедонистической цены»¹⁵), с помощью которой может быть количественно определена монетарная стоимость (в рублях, долларах) доступности, основанная на общей оценке домохозяйством альтернативных вариантов расположения жилья [150]. Такие стоимостные оценки могут обеспечить улучшенную оценку ценности доступности, поскольку она определяется путем рассмотрения того, как домохозяйства соотносят доступность с другими атрибутами, присущими жилью (престижность района, стоимость квадратного метра жилья, качество соседства, характеристики жилого помещения и т. д.), а также с другими значимыми статьями бюджета семьи (покупка и эксплуатация автомобиля и т. д.), которые также могут быть выражены в стоимостных единицах. В эти расчеты могут быть включены и многочисленные возможности доступа (к работе, образованию, магазинам), и таким образом можно определить относительные значения этих различных возможностей доступа.

Контрольные вопросы:

1. Доступность и ее место в планировании городской среды и транспортной системы.
2. Взаимосвязь доступности, близости и мобильности. Показатели доступности.
3. Методы оценки доступности: показатели, относящиеся к расстоянию/времени поездки до ближайшего места притяжения.
4. Методы оценки доступности: «метод изохрон». Показатели, основанные на использовании гравитационных/энтропийных методов.
5. Показатели доступности, основанные на полезности со случайным выбором.
6. Учет вида транспорта при определении показателей доступности.

¹⁵ Гедонистическая цена — теневая цена, с помощью которой производится оценка отдельной характеристики данного товара. Возможно распределение некоторого количества товара между совокупностью характеристик, которые устанавливают его качество. Цена товара может складываться в зависимости от его конкретной характеристики, что позволяет оценивать изменения качества товара.

4. ПЛАНИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

4.1. Традиционные подходы к планированию городских транспортных систем

Основой **городской транспортной политики** является соответствующая законодательная и нормативная правовая база, определяющая правовые рамки формирования решений и мер в сфере транспорта, функционирования транспортных систем на национальном, региональном и местном уровнях.

Возможными направлениями реализации транспортной политики на разных уровнях управления в настоящее время являются:

- разработка транспортного законодательства и нормативных правовых документов;
- разработка программ и стратегий развития транспорта;
- разработка документов транспортного планирования;
- разработка транспортных проектов;
- оценка состояния транспортных систем и транспортных объектов в соответствии с различными критериями и принятие управленческих решений;
- оценка воздействий транспортных систем на состояние окружающей среды и здоровье населения.

На уровне городов и городских агломераций выбор инструментов транспортной политики и конкретных мер и решений в сфере транспорта во многом зависит от приоритетов, выбираемых городскими властями, от того, насколько серьезное внимание уделяется ими решению различных проблем: борьбе с перегруженностью улично-дорожных сетей, улучшению состояния окружающей среды и повышению безопасности дорожного движения, укреплению городской экономики, повышению качества транспортного обслуживания населения, поддержке незащищенных категорий населения и др. Очень часто наилучшим решением оказывается не реализация отдельного мероприятия/проекта, а внедрение **пакетов мероприятий**, и очень важно при этом понимать, как лучше всего вести разработку таких комплексных подходов.

В то же время возможности городов в части реализации отдельных инструментов транспортной политики могут быть ограничены. Такими ограничениями могут выступать несогласованность действий отдельных

институциональных структур (органов власти)¹⁶, правовые ограничения на применение определенных мер, финансовые ограничения на общий размер выделяемых бюджетов и их целевое использование, политическое и общественное противодействие использованию некоторых видов инструментов транспортной политики и практические ограничения на физические и технологические изменения. Как отмечено в [64], от этих ограничений в наибольшей степени страдают средние и крупные города; у малых городов зачастую менее выражены транспортные проблемы и больше свободы в принятии решений, а у администраций крупнейших городов – больше власти. Ключевым первым шагом выработки эффективной транспортной политики для каждого города является определение того, кто и в какой степени может оказывать влияние на принимаемые решения. Вторым важным шагом является обеспечение участия соответствующих органов управления в максимальном количестве этапов процесса принятия решений. В случаях, когда другие городские органы власти несут прямую ответственность за конкретные политические инструменты, влияющие на работу транспорта (например, в области землепользования и градостроительства, в области охраны окружающей среды и др.), требуется установление некоторых партнерских отношений, предпочтительно на обязательных для выполнения условиях. Как отмечается в [64], постоянно действующий координационный межведомственный орган может помочь в обеспечении сотрудничества при разработке планов/программ развития и повышении эффективности функционирования городских транспортных систем.

Как показывает мировой опыт, очень важным является правильное определение **временного горизонта** планирования подобных документов. Как отмечено в [64], большинство европейских городов разрабатывают краткосрочные (до 5 лет) планы/программы, но существуют разные мнения касательно необходимости планирования на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Среднесрочные планы в своем большинстве имеют временной горизонт от пяти до десяти лет, а долгосрочные – от десяти до двадцати лет. Так, например, согласно требованиям, действующим во Франции, Планы городских передвижений (Plans de Deplacements Urbains) составляются на 10-летнюю перспективу; в Великобритании разработка местных транспортных планов (Local Transport Plans) осуществляется на пять лет в контексте 15-летней или 20-летней стратегии [64].

Долгосрочные планы/программы обычно разрабатываются в тех случа-

¹⁶ Проблемой городов является тот факт, что ответственность, в особенности в сфере землепользования и транспорта, часто разделена между разными департаментами. Эта проблема становится еще более серьезной в связи с возрастанием роли взаимодействия между транспортом и другими сферами городской политики, такими как здравоохранение и социальная политика. Недостаток «горизонтальной» интеграции между этими секторами и соответствующими направлениями деятельности может являться существенным барьером на пути прогресса.

ях, когда рассматриваются изменения в сфере землепользования и инфраструктуры, так как реализация таких мероприятий может потребовать времени и, без сомнения, будет впоследствии оказывать влияние на развитие города в долгосрочной перспективе.

Сетевое планирование развития транспортных систем обычно осуществляется на уровне крупного города, городской агломерации, региона, государства. Разрабатываются как краткосрочные, так и долгосрочные планы и программы развития транспортных систем. Планирование на сетевом уровне предполагает также создание эффективных систем управления реализацией соответствующих планов (программ). За рубежом такие системы управления предусматривают участие представителей национальных, региональных и городских органов власти (в зависимости от масштаба плана/программы), операторов транспорта, представителей населения и их специальных групп. Сетевое планирование представляет постоянно продолжающийся процесс и предусматривает следующие этапы:

- инвентаризация существующих объектов транспортной инфраструктуры и оценка характеристик транспортных услуг, оказываемых населению и субъектам бизнеса;
- анализ и прогноз:
 - численности населения;
 - числа рабочих мест и занятости населения;
 - моделей землепользования;
 - динамики автомобилизации и загрузки улично-дорожных сетей;
 - потребностей в поездках, транспортных услугах и транспортной инфраструктуре;
- разработка альтернативных вариантов решений, их оценка и выбор наилучших;
- внедрение выбранных вариантов решений и мониторинг их реализации.

Основными этапами разработки и реализации отдельных проектов в области развития транспортной инфраструктуры **в зарубежной практике** в общем случае являются:

1. Подготовка к разработке проекта и определение временных рамок его реализации, включая:

- планирование территории для реализации проекта;
- оценку существующих условий реализации проекта;
- сбор социальных, экономических и экологических данных, необходимых для разработки проекта;
- проведение транспортного моделирования;
- определение и моделирование возможных альтернативных решений (коридоров, транспортных связей, узлов, технологий и т. д.);
- предварительное обсуждение с общественностью;

- подготовка отчета по оценке воздействия проекта на окружающую среду, его согласование и одобрение;
 - одобрение решения о начале реализации проекта.
2. Проектирование объекта инфраструктуры, включая:
- инженерное проектирование:
 - проектные расчеты (обоснования) и рассмотрения;
 - обсуждение;
 - разработку окончательного проекта;
 - его одобрение;
 - разработку деталей проекта и спецификаций;
 - расчет затрат.
 - контрольные процедуры.
3. Строительство объекта инфраструктуры.
4. Обеспечение эксплуатации построенного объекта инфраструктуры.
5. Обеспечение работоспособности и сохранности объекта инфраструктуры (его обслуживание, ремонт).

При разработке отдельных транспортных проектов должны учитывать различные категории воздействий и последствий, связанных с их реализацией (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Категории воздействий транспортных проектов

Категория воздействий	На что влияют
Технические	Время поездки Стоимость эксплуатации автомобилей Доступность, мобильность и заторы Безопасность движения Эффективность мультимодальных связей Модели землепользования (включая связанные с урбанизацией) Риски и уязвимость (слабые места) и др.
Экологические	Качество воздуха Состояние водных ресурсов Транспортный шум Состояние территорий Эстетика территорий
Экономическая эффективность	Капитальные затраты Издержки/выгоды в жизненном цикле проекта Соотношение «издержки/выгоды» Чистая приведенная (дисконтированная) стоимость

Категория воздействий	На что влияют
Экономическое развитие территорий	Занятость населения Количество коммерческих предприятий Региональная экономика (ВРП) Международная торговля Туризм и др.
Правовые	Гражданская ответственность за правонарушения
Социокультурные	Качество жизни населения

Другими способами категоризации воздействий, связанных с реализацией транспортных проектов/планов/программ, является их подразделение на прямые и косвенные, материальные и нематериальные, выраженные в физических или в денежных (монетарных) величинах, внутренние и внешние (экстернальные), кумулятивные (накапливающиеся) и задаваемые в приращениях (инкрементальные).

4.2. Оценка эффективности работы транспортных систем

Планирование работы транспортных систем направлено на повышение их эффективности. Эффективность любой деятельности оценивается степенью исполнения требуемой от нее функции. Таким образом, применительно к транспорту, показатели эффективности представляют оценку того, до какой степени выполняются отдельные функции транспортной системы, установленные в рамках соответствующей транспортной политики. При этом крайне важно правильно определять сами эти функции. Как отмечено в [64], **«конкретные решения, принимаемые властями в рамках транспортной политики, иногда представляются обманчиво простыми»**. Например, решение о строительстве новой линии метро кажется очень удачным, поскольку оно обеспечивает более скоростные массовые перевозки населения, способствует большему переключению владельцев личного автотранспорта на общественный и, следовательно, улучшению экологической обстановки. Но при этом встают вопросы о том:

- не будут ли другие водители автомобилей использовать для поездок освобождающееся вследствие ввода линии метро дорожное пространство, увеличивая количество и протяженность таких поездок?
- не будет ли строительство новой линии метро способствовать росту числа и протяженности регулярных трудовых поездок на общественном транспорте жителей районов, где эта линия будет проходить?

- является ли строительство линии метро наиболее экономически эффективным способом улучшения условий передвижения в городе и т. д.

Общая схема создания условий для оценки эффективности работы транспортной системы показана на рисунке 4.1.

Правильность выбора решений и мер во многом определяется тем, как оценивается работа транспорта. Прежде всего следует определить, для кого и зачем проводится оценка. Оценка работы транспорта и транспортных систем может проводиться:

- на уровне государства, отрасли в целом. Такая оценка на национальном уровне носит крайне интегральный характер и, в основном, проводится на основе соответствующей официальной статотчетности;
- государственными органами на региональном и местном уровнях (органами управления транспортом, органами управления дорожным движением, органами государственного контроля и др.);
- пользователями (населением, потребителями транспортных услуг);
- перевозчиками и провайдерами транспортных услуг;
- обществом в целом (в первую очередь, в части удовлетворенности транспортными услугами и негативных последствий работы транспорта).

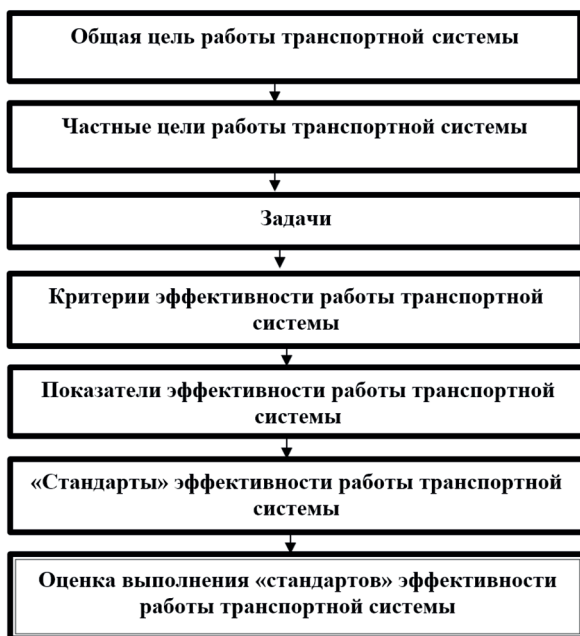


Рис. 4.1. Общая схема создания условий для оценки эффективности работы транспортной системы

Показатели для оценки работы транспорта могут быть количественными и качественными, абсолютными и относительными. Эти показатели должны позволять оценивать работу транспортных систем в соответствии с различными критериями: производительности (валовые показатели), эффективности (удельные показатели), качества, безопасности. Ниже представлены базовые требования к таким показателям:

- **правильность выбора** – адекватное отражение поставленных целей и задач работы транспортной системы;
- **измеримость** – возможность точного измерения самих показателей или параметров работы транспортной системы, влияющих на них;
- **размерность** – показатели должны быть в состоянии охватить требуемый уровень каждого аспекта оценки (например, обеспечить соответствующие пространственные/временные масштабы оценки);
- **реалистичность** – возможность обеспечить сбор данных по приемлемой цене;
- **оправданность** – ясность и простота в определении показателей и используемом методе расчета;
- **предсказуемость** – возможность надежного определения показателей для будущих периодов.

Сейчас показатели, используемые для оценки работы транспортных систем, как правило, говорят о том, как много, далеко и быстро перевозит транспорт (в Российской Федерации – без учета индивидуального автотранспорта и средств активной мобильности); как (с каким качеством) он обслуживает среднего пользователя.

Традиционные показатели для оценки эффективности и качества работы транспорта приведены в Приложении 2. В то же время из системы оценки работы транспорта (и, в связи с этим, из системы принятия решений) в большинстве случаев выпадают показатели, характеризующие удовлетворенность транспортного спроса и обеспечение мобильности населения, транспортную доступность, инклюзивность транспортной системы, ее экологическую и климатическую безопасность.

В качестве **общих целей** работы транспортной системы могут выступать экономическая эффективность ее функционирования, защита окружающей среды, справедливость доступа к транспортным услугам («доступность для всех»), безопасность и качество услуг для пользователей и населения в целом, создание улиц и районов, благоприятных для жизни. Общая цель определяет **частные цели** работы транспортной системы и конкретные задачи по их достижению.

Задачи, в свою очередь, определяют выбор конкретных мер и решений (мероприятий) по их выполнению.

Пример:

Если общей целью является эффективность работы транспорта, то конкретные частные цели могут касаться условий функционирования транспортной системы (поддержания ее работоспособности), её эксплуатационных характеристик (производительность, обеспечение мобильности и др.) или внешних эффектов, связанных с работой транспорта (транспортные задержки, безопасность перевозок и дорожного движения, воздействие на состояние окружающей среды и др.).

Если частная цель сформулирована как «повысить мобильность населения с использованием автомобильного транспорта», то примером задачи может являться «сокращение среднего времени поездки».

Цели являются отправной точкой для логической структуры формирования программ (планов) действий городских властей. Они выполняют несколько функций:

- помогают сформулировать проблемы, которые необходимо преодолеть;
- обеспечивают общее указание на типы возможных решений;
- играют роль ограничений, при уточнении того, чего следует избегать;
- обеспечивают основу для оценки альтернативных решений;
- обеспечивают возможность отслеживать ход реализации мероприятий.

Цели определяют направления усовершенствования городской и транспортной систем, но не средства их достижения. Поэтому при определении целей важно избегать указания конкретных рекомендуемых мероприятий/решений (например, «улучшение состояния окружающей среды путем усовершенствования системы общественного транспорта»), так как в результате этого другие более действенные инструменты могут оказаться за рамками рассмотрения.

Лицам, принимающим решения, важно правильно определить те цели городской транспортной политики, которых они хотят достичь. Однако эти цели должны также быть согласованы с целями других заинтересованных органов власти, что зачастую является первым ключевым этапом (а во многих случаях – и барьером) разработки эффективных транспортных программ и проектов. На практике во многих городах часто ставятся похожие цели в сфере транспорта, достижение которых направлено на реализацию целей более высокого уровня – повышения устойчивости развития городов, роста благосостояния и качества жизни населения, повышения эффективности городской экономики, устойчивости её функционирования и др.

Реализовать все желаемые цели, как правило, невозможно, так как некоторые из них будут вступать в противоречие друг с другом: например, часто

бывает трудно добиться повышения транспортной доступности без роста негативного воздействия на окружающую среду или добиться повышения скоростей движения и одновременно снизить тяжесть ДТП. Поэтому бывает полезно корректировать устремления по различным намеченным целям, чтобы облегчить разрешение подобных противоречий. Установление приоритетности целей – политический вопрос, определяемый лицами, принимающими решения на городском уровне, но при этом необходимы оценка и учет мнений прочих заинтересованных сторон, включая население.

Цели представляют собой некие отвлеченные концепции, поэтому оценивать эффективность деятельности по их достижению трудно. Для количественной оценки достижения поставленных целей и решения соответствующих задач используются **показатели**. Например, показатели аварийности позволяют оценить эффективность реализации цели «обеспечение безопасности дорожного движения» в целом; районы, где уровень загрязнения превышает максимальный допустимый, учитываются в контексте цели «защита окружающей среды». Показатели такого типа часто называют **показателями результата (выходными показателями)**, так как они частично отражают результаты реализации принятой стратегии (плана, программы). Можно также определить **входные показатели**, отражающие сделанное (например, протяженность организованных выделенных полос для движения пассажирского транспорта общего пользования), и **промежуточные показатели**, основывающиеся на обработке результатов реакции транспортной системы на реализованные мероприятия (например, количество пассажиров автобусного транспорта). Из вышеперечисленных показатели результата наиболее информативны, поскольку они позволяют измерить непосредственный результат достижения поставленной цели. В то же время входные и промежуточные показатели могут помочь в понимании произошедших изменений в системе, хотя они менее полезны в оценке её эффективности, так как не дают информации о продвижении в реализации ключевых целей. Чтобы быть эффективной, применяемая система показателей результатов должна быть исчерпывающей, т. е. охватывать всю совокупность поставленных целей, обеспечивать достаточное количество информации лицам, принимающим решения, и реагировать на изменения в оцениваемых стратегиях (программах, планах).

«**Стандарты**» **эффективности** работы транспортной системы представляют фиксированные желаемые значения показателей, выбранных по какому-либо из критериев, т. е. их пороговые (или целевые) значения (например, «среднее время пересадки в системе городского пассажирского транспорта общего пользования не должно превышать 10 минут» или «среднее время трудовой поездки не более 40 минут»).

Цели и показатели указывают общее направление планируемых изменений, например: «снижение воздействия транспорта на состояние окружа-

ющей среды». Их также можно формулировать и более конкретно, чтобы яснее выразить идею поставленной цели, например:

- снижение шумовой нагрузки, формируемой движением автотранспорта на улично-дорожной сети в районах жилой застройки, до уровня ниже 68 дБА;
- снижение содержания двуокси азота в атмосферном воздухе до уровня ниже 60 мг/м³.

Постановка подобных целей с конкретными показателями и их целевыми значениями («стандартами эффективности») дает преимущества. Становится понятно, когда поставленная цель достигнута, а прогресс на пути достижения цели можно измерить путем сопоставления достигнутых текущих значений с целевым показателем. Целевые значения можно устанавливать как для выходных, так и для промежуточных и входных показателей (например, «желаемое количество и/или протяженность выделенных полос для движения автобусного транспорта» или «среднее количество пассажиров на автобусном маршруте»). Использование промежуточных и входных показателей может помочь в оценке достигнутого прогресса, но менее точно определяет достижение поставленных целей.

Если целевые показатели устанавливаются только для некоторых целей, то другим целям может не уделяться достаточного внимания. И, наоборот, установление целевых показателей для всех целей может создать неверное представление об их относительной значимости. Используя приведенный выше пример, два указанных целевых значения предполагают, что уровень шума, равный 68дБА, и содержание двуокси азота, равное 60 мг/м³, одинаково важны. Часто это не так. Поэтому органами власти должен устанавливаться приоритет достижения устанавливаемых целей (их ранжирование по важности).

Задание целевых значений для промежуточных и входных показателей, отражающих сделанное, также может создавать определенные проблемы. Объем инвестиций, указанный в качестве целевого показателя выполненных работ, может оказаться чрезмерным или недостаточным для реализации поставленных целей, а намеченное сокращение использования личных автомобилей может оказаться чрезмерным. Поэтому лучше определять целевые выходные показатели (показатели достигнутых результатов), а любые целевые промежуточные или входные показатели следует назначать уже в соответствии с ними.

Определение целевых показателей является эффективным методом стимулирования деятельности и контроля ее эффективности. Поэтому наилучшим решением может быть формулирование общей стратегии с последующим расчетом целевых значений показателей на соответствующий год и на перспективу (таких как, например, показатели снижения аварийности и объемов выбросов загрязняющих веществ) в соответствии с данной стра-

тегией. Затем данные значения можно использовать для мониторинга эффективности реализации программы. Обобщенная структура управления транспортной системой представлена на рисунке 4.2.



Рис. 4.2. Обобщенная структура управления транспортной системой

Показатели эффективности работы транспорта на сетевом и проектном уровнях. На уровне транспортной сети (национальной, региональной, городской) обычно проводится общая оценка эффективности реализуемых или разрабатываемых транспортных программ, транспортной политики, мер финансирования и инвестиционных стратегий в сфере транспорта.

На уровне конкретного транспортного решения, проекта конкретного инфраструктурного объекта (участок дороги или УДС, терминал, мост и др.) с помощью выбранных показателей на заданном временном интервале (или в течение всего жизненного цикла объекта) проводится оценка: оптимальности рассматриваемого проекта (решения), стратегии проектирования, строительства или содержания конкретного объекта.

Пример: оценка решений в сфере пассажирского транспорта общего пользования.

I. Национальный уровень: изменение средней по региону (или сети) задержки рейсов автобусов в результате снижения транспортных заторов и технических неисправностей автобусов.

II. Проектный уровень: изменение средней задержки автобусов в данном городе вследствие реализации проекта по созданию сети выделенных полос движения.

Следует отметить, что оптимальные решения на проектном уровне могут не означать, что они будут являться оптимальными и на сетевом уровне,

и наоборот.

В качестве эксплуатационных показателей транспортной системы, которые могут использоваться для оценки ее эффективности, могут быть использованы следующие:

- **Транспортная доступность.** Могут использоваться различные количественные и качественные показатели для оценки транспортной доступности:

- способность перевозить определенные категории пассажиров и грузов (например, процент низкопольных автобусов для перевозки маломобильных пассажиров);

- пропускная способность конкретной интермодальной инфраструктуры;

- легкость доступа к транспортной системе;

- легкость пересадок;

- процент населения или генерирующего грузопотоки бизнеса, имеющего доступ к транспортной системе в пределах определенного временного интервала/определенного расстояния.

- **Мобильность.** На практике используются различные количественные и качественные показатели для оценки мобильности:

- число поездок на душу населения за определенный период времени;

- время поездки, уровень обслуживания (LOS), скорость, задержка, перегруженность;

- отношение средней скорости движения в конкретный временной период к скорости в «пиковый» период;

- время пересадки в мультимодальных пересадочных узлах, часы суммарной задержки;

- доля инфраструктуры, работающей в режиме перегрузки в «пиковый» период и др.

- **Эксплуатационная (операционная) эффективность** транспортных систем обычно оценивается через удельные показатели:

- затраты на единицу размерности рассматриваемого объекта (первоначальные затраты на техническое обслуживание, поддержание характеристик системы, отнесенные, например, к численности парка транспортных средств или протяженности инфраструктуры);

- общие затраты на систему с учетом ее «жизненного цикла» (периода времени, в течение которого такая система функционирует);

- затраты пользователя на единицу пользования системой (например, на число поездок);

- общие затраты и выгоды пользователей на протяжении всего «жизненного цикла» системы, отнесенные на душу населения и др.

- **Безопасность дорожного движения** обычно оценивается через

удельные показатели:

- частотность ДТП или другие удельные показатели аварийности (число ДТП на 1 км улично-дорожной сети, на ежегодный средний ежедневный пробег транспортных средств, на средний годовой пробег транспортных средств и др.);

- тяжесть последствий ДТП (количество погибших, раненых в ДТП, материальный ущерб от ДТП, отнесенные на численность населения, на численность парка транспортных средств, на суммарный пробег транспортных средств за определенный период). Показателем для оценки безопасности транспортной системы по отношению к различным видам угроз (в т. ч. вероятности ДТП) может также являться ее «уязвимость». На рисунке 4.3 представлена схема расчета рейтинга уязвимости на основе оценки тяжести последствий возможных аварий и их вероятности [84, 151].



Рис. 4.3. Оценка уязвимости как показателя эффективности транспортной системы

- **Воздействие транспорта на качество окружающей среды и сохранение природных ресурсов:**

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и их концентрации;
- уровни шума и вибрации;
- энергопотребление;
- средняя величина площади подвергающихся воздействию транспорта водных источников и территорий и др.

- **Воздействие на экономическое развитие территории и землепользование:**

- число предприятий транспорта и рабочих мест на них;

- объем продаж транспортных услуг;
- транспортные расходы на душу населения;
- транспортная доступность территорий, объектов притяжения (по видам – рабочие места, объекты социально-бытовой инфраструктуры и др.).

4.3. Основы принятия решений в транспортных системах

Города отличаются друг от друга способами выработки транспортной политики и принятия соответствующих решений по ее реализации. В [64] на основе анализа международной практики выделяется несколько подходов к выработке управленческих решений в транспортных системах:

- подходы, основанные на **видении** решения проблем. Обычно они предполагают наличие принимающего решения руководителя (как правило, мэра или председателя комитета), у которого имеется четкое представление (видение) о том, каким город должен стать в будущем и какие инструменты необходимы для реализации данного видения (конечно, надо надеяться, что такой лидер в своем видении опирается на научные знания и оценки, а не на некоторые волюнтаристские идеи). Видение обычно ясно, и нужно только реализовать его. Однако в большинстве случаев (как показывает практика многих европейских городов) нельзя полагаться исключительно на такой подход, основанный на решениях одного человека;

- подходы, основанные на **планировании** (предполагают определение целей и проблем; принятие упорядоченной процедуры, определяющей возможные решения этих проблем и выбор наиболее эффективных из них);

- подходы, основанные на **консенсусе** (предполагают проведение обсуждения возможных проблем и решений заинтересованными сторонами в целях достижения соглашения на каждом этапе в рамках планово-ориентированного подхода);

- комбинированные подходы (в большинстве городов применяется именно смешанный подход, сочетающий элементы всех трех перечисленных выше подходов).

Это подтверждается результатами опроса администраций ряда европейских городов [64], представленными на рисунке 4.4 (см. цветную вклейку).

На рисунке 4.5 представлена схема реализации такого комбинированного подхода к разработке и реализации городской транспортной политики, основанного на сочетании формулирования общего видения, выявления проблем и определения целей, разработки стратегии их достижения на основе проведения консультаций заинтересованных сторон и достижения консенсуса.

Более детально логическая структура обоснования стратегии развития городской транспортной системы и предусматриваемых ею мероприятий приведена на рисунке 4.6 [64]. Такой логический подход в полном объеме применяется в немногих городах. Следствием этого зачастую являются недостатки разрабатываемых городских стратегий, проявляющиеся в частности в:

- отсутствию ясности в том, какие проблемы призваны решить предлагаемые меры транспортной политики, и в том, действительно ли они представляют собой наилучшее решение;
- разработке стратегий без учета вероятных барьеров, препятствующих их реализации;
- проведении оценки в контексте избирательно выбранных целей, в результате чего упускаются из виду некоторые негативные последствия принимаемых решений;
- реализации предложенных мер без последующей проверки соответствия полученных результатов ранее сформированным планам.



Рис. 4.5. Схема реализации комбинированного подхода к разработке и реализации городской транспортной политики (адаптировано из [64])

Процесс принятия решений в сфере транспорта состоит в:

- выборе характера возможных действий (решений, мероприятий, мер) в условиях фиксированных ресурсов;
- целенаправленном выборе одного из нескольких возможных альтернативных вариантов пакетов мер.

Выбор решения должен основываться на процедуре оценки, которая должна исходить из ясного определения целей и задач проекта/плана/про-

граммы. Основными компонентами такой оценки в отношении транспортных проектов/планов/программ должна являться их проверка на:

- результативность, производительность;
- эффективность;
- безопасность;
- социальную справедливость (инклюзивность).



Рис. 4.6. Логическая структура обоснования стратегии развития городской транспортной системы и предусматриваемых ею мероприятий

Как оценить «полезность» транспортного проекта? Выбор параметра для принятия решения о полезности зависит от: лица, принимающего решение; типа решения; наличия доступных альтернатив. Оценка полезности конкретного порядка действий может носить как относительный, так и абсолютный характер.

Для оценки «полезности» транспортных проектов/планов/программ могут использоваться различные критерии и различные показатели. В частности, могут использоваться конфликтующие критерии (например, скорость и безопасность), различные заинтересованные стороны могут иметь различные предпочтения в критериях выбора тех или иных решений. Проблема состоит в том, чтобы свести все измерители полезности к общей и

соразмерной шкале. Поэтому следует искать компромисс конфликтующих измерителей полезности. При этом выбор может быть неоптимальным, но он должен быть результатом консенсуса всех заинтересованных сторон.

Пример. Организация линии скоростного пассажирского транспорта общего пользования. В этом случае требуется поиск компромисса между транспортной доступностью и экологическим ущербом.

Общий алгоритм проведения оценки при планировании работы транспортной системы может быть сформулирован следующим образом:

1. устанавливается заинтересованная сторона/стороны (субъекты) оценки;
2. определяются проблемы («обеспокоенности») отдельных заинтересованных сторон;
3. определяются цели и задачи транспортной системы;
4. устанавливаются показатели оценки выполнения целей и задач;
5. устанавливаются пространственные и временные границы проведения оценки;
6. выявляются правовые и административные требования и ограничения;
7. устанавливается возможная последовательность действий (план мероприятий) и разрабатываются реальные альтернативы, включая определение правомерности последовательности действий, достаточности каждого альтернативного решения, реальности их внедрения;
8. оценивается стоимость для бюджета и для пользователей;
9. оцениваются прочие затраты и выгоды;
10. сравниваются альтернативы исходя из:
 - максимизации выгод для данного уровня инвестиций;
 - наименьших затрат для заданного уровня эффективности;
 - максимальной эффективности вложений.

Анализ наилучшей практики оценки при планировании транспортных систем позволяет сделать выводы:

- необходимо фокусироваться на наиболее актуальных в настоящее время проблемах;
- необходимо связывать альтернативные решения с поставленными целями и задачами;
- следует иметь детальный перечень соответствующих критериев оценки и показателей;
- должна быть в явном виде определена целевая функция реализации проекта;
- должны быть четко определены имеющиеся ограничения;
- должна существовать возможность поиска компромиссов;
- должна существовать возможность проведения анализа чувстви-

тельности в отношении ключевых оценочных входных переменных;

- должно иметься четкое представление процесса оценки и интерпретации полученных результатов.

Принятие решения в транспортной системе – это, как правило, выбор определенного действия из множества возможных вариантов (альтернатив). Альтернативой в процессе принятия решений называют один из возможных способов действий или стратегий, направленных на достижение поставленной цели. Способы действий – это способы использования ресурсов, поэтому возможности лиц, принимающих решения всегда ограничены возможностью использования имеющихся у них ресурсов. Каждая альтернатива, понимаемая как совокупность некоторых решений и действий, может быть охарактеризована: величиной затрат ресурсов (которые всегда ограничены); возможными последствиями ее реализации; вероятностью достижения цели. Затраты ресурсов, вероятность достижения цели и результат являются прогнозными характеристиками. Поэтому процесс принятия решения всегда сопряжен с неопределенностью, риском, неясностью.

Принятие решения есть выбор наилучшей (оптимальной) или приемлемой, удовлетворительной альтернативы, т. е. совершение определенных действий над множеством альтернатив, в результате которых получается подмножество допустимых (возможных) альтернатив, удовлетворяющих налагаемым ограничениям. Далее допустимые (возможные) альтернативы, вернее результаты их реализации, сравниваются по принятым критериям эффективности, которые являются чаще всего математическим выражением цели и определяют степень достижения цели для каждой отобранной альтернативы. Альтернатива, достигшая экстремума этого критерия, называется оптимальной.

Таким образом, альтернативы, удовлетворяющие требованиям (ограничениям), называют возможными или допустимыми, а альтернативу, достигающую экстремума критерия, называют оптимальной стратегией. В качестве ограничений выступают затраты, способы использования ресурсов на осуществление альтернативы, технические и политические ограничения. Кроме показателя затрат ресурсов, каждая альтернатива может быть охарактеризована определенным исходом и вероятностью достижения поставленной цели.

4.4. Оценка транспортных проектов и программ с использованием сложных (составных) критериев

Критерий (от греч. criterion – средство для суждения; признак, на основании которого производится оценка; мерило, суждение) – это способ

описания альтернативных вариантов решений, способ выражения различий между ними (альтернативами) с точки зрения предпочтений лиц, принимающих решения. Поэтому критериями называют характеристики функционирования рассматриваемой системы, характеризующие общую ценность принимаемых решений таким образом, что у лиц, принимающих эти решения, имеется стремление получить по ним наиболее предпочтительные (или лучшие) оценки.

Критерии принятия решений в транспортных системах могут иметь сложную (множественную) размерность, выраженную:

- в деньгах;
- в числе перевезенных пассажиров;
- в скорости сообщения/времени поездки;
- в количестве и/или тяжести ДТП;
- в площадях обслуживаемой территории и т. д.

При этом надо понимать, что все критерии с точки зрения принятия решения могут иметь различную важность. Для конкретного выбранного критерия различные руководители/органы власти могут иметь различную оценку (вес) его важности.

Общий алгоритм выработки и принятия решений в сфере транспорта на основе многокритериального подхода можно представить следующим образом:

1. Необходимо выбрать **проблему**, для решения которой необходимо принять решение. Например, проблемами могут быть: высокий уровень транспортных задержек; неудовлетворенность населения качеством работы общественного транспорта; высокая дорожно-транспортная аварийность; высокий уровень выбросов загрязняющих веществ и т. д.

2. Сформулировать **цель**, достижению которой мешает данная проблема. Например, цель – повышение эффективности работы городской транспортной системы и снижение издержек, связанных с перегруженностью основных автомагистралей.

3. Сформулировать множество альтернатив, решающих данную проблему (5-7 альтернатив).

4. Сформулировать ограничения на альтернативы решения выбранной проблемы. Например, ресурсные ограничения (финансовые возможности и др.), технологические ограничения (возможность реализации того или иного способа передвижения) и т. п.

5. Исходя из сформулированных ограничений, получить множество допустимых альтернатив (4-5 альтернатив).

6. Сформулировать критерии (например, 5 критериев), характеризующих качество работы транспортной системы, для оценки выбранных альтернатив.

7. Назначить прямым способом веса критериев (обычно такие решения

принимаются на политическом уровне). Сумма весов критериев должна равняться 1.

8. Выбрать шкалу для оценки качества работы транспортной системы по выбранным критериям (например, балльную от 1 до 5). Осуществить экспертную оценку альтернатив по данным критериям, представить результаты в виде таблицы 4.2.

Таблица 4.2

Экспертная оценка альтернатив по критериям

Альтернативы	Критерии				
	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅
А ₁	O ₁₁	O ₁₂	...	...	...
А ₂	...	O ₂₂	...	...	...
А ₃
А ₄
А ₅	O ₅₅

9. Осуществить свертку оценок альтернатив методом взвешенной суммы, представить результаты в виде таблицы 4.3.

Таблица 4.3

Свертка альтернатив по критериям

Альтернативы	Критерии					Взвешенные оценки альтернатив $A_1 = O_{11} * \text{Вес } K_1 + O_{12} * \text{Вес } K_2 + \dots + O_{15} * \text{Вес } K_5$
	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄	К ₅	
А ₁	O ₁₁	O ₁₁	...	...	...	...
А ₂	...	O ₂₂	...	...	...	...
А ₃
А ₄
А ₅	O ₅₅	...

10. Выбрать оптимальную альтернативу – альтернативу, имеющую максимальную взвешенную оценку.

Типичные этапы многокритериального принятия решения проиллюстрированы на рисунке 4.7. Веса определяют относительную важность, придаваемую различным критериям лицами, принимающими решения. В некоторых случаях к принимающим решения могут относиться не только органы власти в лице транспортных ведомств, но и пользователи инфраструктуры. В этих случаях вес, используемый для каждого критерия,

представляет средневзвешенное от весов, предложенных этими двумя сторонами. Некоторые техники определения удельных весов используемых критериев перечислены ниже [84]:

а) Принятие одинаковых весов.

Например, может быть волевым решением принято следующее распределение весовых коэффициентов:

- стоимость проекта – 33,3%;
- экономия времени поездки – 33,3%;
- сокращение выбросов летучих углеводородов (ЛОС) – 33,3%.

б) Прямое определение весов.

Используемая при этом техника следующая:

- назначается определенное количество баллов, которое распределяется между критериями в соответствии с экспертной оценкой их важности;
- проводится ранжирование критериев по их важности – простое распределение в соответствии со снижением важности.

Распределение баллов является предпочтительным в отличии от прямого ранжирования. Оно дает результат количественной оценки лучше, чем просто порядковая шкала ранжирования.

Пример:

	<i>Размещение баллов (0-100) (количественное)</i>	<i>Ранжирование (порядковое)</i>
<i>Стоимость проекта</i>	70	1
<i>Экономия времени</i>	50	3
<i>Сокращение выбросов ЛОС</i>	60	2

в) Определение весовых коэффициентов на основе регрессий, получаемых из данных опросов респондентов.

Используется следующая методология определения весовых коэффициентов:

- проекты ранжируются по каждому из критериев на основе исходных значений их уровней (характеризующих их показателей) с использованием имеющихся данных;
- проводится опрос респондентов с целью определения количества баллов, выставляемых общей «пользе» (или «желательности») заданной комбинации уровней критериев, достигаемых при выборе каждой альтернативы;
- далее веса определяются как коэффициенты результирующей регрессии.

Ставится задача определения коэффициентов регрессии при условии

ТИПИЧНЫЕ ЭТАПЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

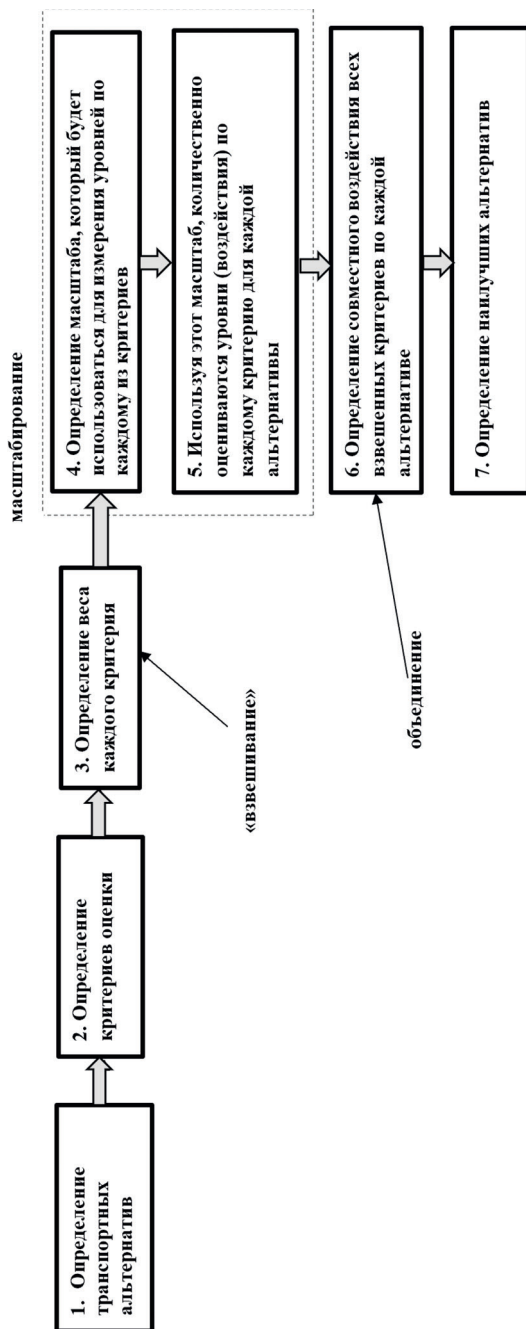


Рис. 4.7. Типичные этапы многокритериального принятия решения

минимизации члена $\sum \varepsilon_i^2$ (суммарной ошибки):

$$TV_i = \sum j(w_j V_{ij}) + \varepsilon_i^2, \quad (4.1)$$

где

w_j – весомость (весовой коэффициент) j -того критерия;

V_{ij} – оценка i -той альтернативы по j -тому критерию;

i – № альтернативы;

j – j -тый критерий;

TV_i – рейтинг i -той альтернативы (ее «желательность»).

Пример:

Таблица П1

Альтернативный вариант	Стоимость (в 1000 руб.)	Изменение времени поездки (мин.)
A	800	30
B	1000	25
C	500	15

Пусть имеем 7 респондентов и суммарное количество баллов по каждому критерию по всем рассматриваемым альтернативам составляет 21. Оценка весо-мости уровней, достигнутых по каждому критерию, и общая балльная оценка, выставленная каждой из альтернатив по совокупности критериев каждым респондентом, представлены в таблице П2.

Таблица П2

Пример определения балльной оценки по альтернативным вариантам

Альтернативный вариант	Оценка весо-мости уровней, достигнутых по каждому критерию (исходя из имеющихся данных), (суммарно 21 балл по каждому критерию)		Общая балльная оценка, выставленная по совокупности критериев каждым респондентом (7 экспертов) для альтернативы i (TV_i) (исходя из 10-ти балльной оценки)						
	V (стои-мость) _{i}	V (вре-мя) _{i}	1	2	3	4	5	6	7
A	6	9	9	8	8	7	9	9	8
B	5	7	8	8	7	7	8	9	8
C	10	5	6	5	5	6	7	5	4

Рейтинг альтернативы определяется по формуле:

$$TV = w_{\text{стоимость}} \times \text{Стоимость} + w_{\text{время}} \times \text{Время} \quad (\text{П.1})$$

$$w_{\text{стоимость}} = 0,214$$

$$R^2=0,98$$

$$w_{\text{время}} = 0,786$$

$$\sum w = 1,0$$

Т.о. альтернатива А является наиболее перспективной (8,358) по сравнению с альтернативами В (7,202) и С (6,07).

г) Использование «метода Делфи».

Данный метод, разработанный еще в 50-х – 60-х годах прошлого века, является методом экспертной оценки [152]. Идея метода в рассматриваемом контексте состоит в том, что если грамотно обработать и обобщить индивидуальные оценки важности того или иного критерия, полученные опросом ряда квалифицированных экспертов, то можно получить коллективную оценку, обладающую достаточной степенью достоверности и надёжности. Технически реализация метода состоит в проведении серии мероприятий (опросов, интервью, мозговых штурмов), в ходе которых организаторы последовательно итеративными методами пытаются достичь консенсуса при определении правильного решения. Результаты опросов обрабатываются методами статистического анализа. Основными принципами «метода Дельфи» являются:

- независимость привлекаемых экспертов и их квалификация (которая также в ряде случаев включает и рейтингование их квалификации);
- несколько этапов обсуждения (часто для достижения стабильных значений ограничиваются двумя этапами);
- заочность обсуждений (исключает непосредственный контакт экспертов между собой и, следовательно, групповое влияние; даёт возможность проводить опрос экстерриториально и т. д.);
- анонимность (позволяет свободное и независимое выражение мнений, облегчает признание ошибок при пересмотре ранее вынесенных суждений и др.);
- организатор обсуждения (фасилитатор) фильтрует и структурирует информационные потоки (отбрасывает то, что не относится к делу), прилагает меры по избежанию возможных негативных последствий группового обсуждения.

д) Метод попарного сравнения.

Положим, что необходимо проранжировать рассматриваемые альтернативные решения по степени их значимости для лиц, принимающих решения. При этом используются методы ранжирования и попарных сравнений:

1. Проводится индивидуальное ранжирование альтернатив, используя ранги от 1 до N (где N – число рассматриваемых критериев оценки, пусть N=16).

2. Оценивается важность альтернатив методом попарных сравнений.

Для определения степени значимости рассматриваемых ценностных ориентаций (выбора) создается экспертная группа (4-5 человек). Каждый член экспертной группы заполняет матрицу попарных сравнений ценностных ориентаций (см. таблицу П2 Примера).

По строкам и столбцам матрицы записываются соответствующие наименования или номера ценностных ориентаций. Каждый член экспертной группы заполняет одну матрицу следующим образом. Например, если при сравнении ориентаций 1 и 3 предпочтение отдается ориентации 1, то в строке, соответствующей ориентации 1 (строка 1, столбец 3), выставляется, например, 2 балла. Аналогично в строке 3 (столбец 1) выставляется 0. Если эксперт затрудняется отдать предпочтение какой-либо позиции, то в соответствующей строке и столбце он проставляет по одному баллу. После заполнения всей матрицы баллы суммируются по строкам. Проводится ранжирование полученных сумм.

После этого сравниваются результаты, полученные в результате прямого ранжирования и путем попарных сравнений.

Затем полученные значения все эксперты заносят в сводную матрицу (таблица 4.4).

Для снижения субъективного фактора при определении значимости ценностных ориентаций экспертные ряды проверяются по формуле:

$$K = 3_1/3_2, \quad (4.2)$$

где K – коэффициент устойчивости экспертного ряда;

3_1 – максимальная значимость в экспертном ряду;

3_2 – минимальная значимость в экспертном ряду.

Затем коэффициент устойчивости экспертного ряда сравнивается с нормативным значением этого коэффициента (K_n), который равен 2,0. Если значение $K > K_n$, то необходимо одно из значений ряда (выпадающее) вычеркнуть. После этого еще раз проверяется значение K и рассчитываются среднеарифметические значения значимости каждой ценностной ориентации. Сводная матрица позволяет проранжировать все ценностные ориентации по степени их значимости с учетом мнений всех экспертов (табл. 4.5).

В [84] рекомендуется проводить попарное сравнение по рассматриваемым критериям с использованием показателей относительной важности a_{ij} , где a_{ij} – относительная важность двух критериев i и j на основе шкалы от 1 до N; $a_{ij} = w_i/w_j$.

Например, для случая рассмотрения 9 критериев значения коэффициентов относительной важности, которые должны заноситься в таблицу парных сравнений, представлены в таблице 4.6

Таблица 4.4

Матрица парных сравнений ценностных ориентаций

№ цен. ориентаций																	Сумма, баллы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	1		2														
2		1															
3	0		1														
4				1													
5					1												
6						1											
7							1										
8								1									
9									1								
10										1							
11											1						
12												1					
13													1				
14														1			

№ цен. ориентаций	№ цен. ориентаций																Сумма, баллы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
15															1		
16																1	

Таблица 4.5

Агрегирование групповой оценки ценностных ориентаций

№ ориентации	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Среднее арифметическое значение, баллы	Ранг ценностной ориентации
1							
2							
...							
16							

Таблица 4.6

Коэффициенты для матрицы попарного сравнения

Если:	Тогда отношение X/Y должно быть:
Критерий X значительно более важен, чем критерий Y	9
Критерий X существенно более важен, чем критерий Y	7
Критерий X умеренно более важен, чем критерий Y	5
Критерий X немного более важен, чем критерий Y	3

Если:	Тогда отношение X/Y должно быть:
Критерий X также важен, как и критерий Y	1
Критерий X слегка менее важен, чем критерий Y	1/3
Критерий X умеренно менее важен, чем критерий Y	1/5
Критерий X значительно менее важен, чем критерий Y	1/7
Критерий X крайне менее важен, чем критерий Y	1/9

Контрольные вопросы:

1. Оценка эффективности работы транспортных систем. Показатели эффективности.
2. Основы принятия решений в транспортных системах.
3. Оценка транспортных проектов/программ с использованием сложных/составных критериев.

4.5. Приоритеты транспортной политики и планирования городских транспортных систем – изменение парадигмы на современном этапе развития общества

4.5.1. Недостатки традиционных подходов к формированию городской транспортной политики и транспортному планированию

Городской транспорт является одним из наиболее значительных из всех существующих направлений развития городской инфраструктуры. По сравнению с другими направлениями развития инфраструктуры, оценка разумного уровня инвестиций в городской транспорт сопряжена со сложностями. В то время, как относительно легко можно интерпретировать показатели доступности для населения таких сетевых услуг, как электрообеспечение, водоснабжение, канализация или телекоммуникации, определить уровень транспортной доступности достаточно сложно. Например, транспортным планировщикам и другим практикам может быть трудно определить спрос на транспорт при различных типах поездок, для разных типов домо-

хозяйств, в разное время суток, на разных видах транспорта. Более того, жители городов могут иметь разные предпочтения и сталкиваться с целым рядом компромиссов при выборе места жительства, особенно когда речь заходит о расстоянии до рабочих мест и других услуг.

Учитывая это, специалисты по транспортному планированию, как правило, сосредотачиваются на более простых показателях, касающихся уровня обслуживания населения существующей инфраструктурой, таких как скорость движения/сообщения и загруженность улично-дорожных сетей. В то время, как эти показатели представляют практичные и надежные измерители «мобильности» (а именно потоков транспортных средств и людей), они в основном отражают качество инфраструктуры и не являются надежными показателями уровня доступности для данного домохозяйства (или района, его жителей) ряда важнейших мест притяжения, включая рабочие места и другие услуги.

Уровень обслуживания также не говорит о том, что движет транспортным спросом. К сожалению, меры по обеспечению роста мобильности только усугубляют проблемы, связанные с экономическим неравенством, финансовой и экологической устойчивостью городов. Повышению скорости и борьбе с заторами, как правило, способствует строительство дорог, которое приносит пользу в первую очередь лицам, владеющим автотранспортными средствами. Автомобильные дороги и улично-дорожная сеть представляют из себя дорогостоящие в обслуживании объекты, их эксплуатация в долгосрочной перспективе увеличивает расходы бюджетов, а развитие стимулирует дальнейшее увеличение использования автомобилей и потребление автотранспортом земли. Это приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ, потере неосвоенных земель и увеличению времени в пути за счет возрастания протяженности поездок.

Ошибки городской транспортной политики в условиях массовой автомобилизации приводят не к решению, а к резкому обострению транспортных проблем. Анализ ситуации, сложившейся в большинстве городов развитых и развивающихся стран (во многом, включая и Российскую Федерацию), позволяет проследить ряд причин недостаточной эффективности решений, принимаемых в рамках традиционной городской транспортной политики и возникающих в связи с этим проблем [3]:

1. В большинстве городов городской транспорт не рассматривается как **единое целое** ни с функциональной, ни с территориальной точек зрения. Разные виды городского пассажирского транспорта слабо взаимосвязаны как между собой, так и с вело- и пешеходным движением, потенциал которых так и не раскрыт, и не используется.

2. **Территориальное планирование** зачастую никак не связано с транспортным планированием: оценка того, как новая застройка и изменение характера землепользования влияют на дорожное движение, проводится

крайне редко.

3. **Финансовые ресурсы**, выделяемые в городах на нужды городского транспорта, зачастую недостаточны по объему, носят непредсказуемый характер и не проходят процесс стратегического планирования. В частности, инвестиции в **системы скоростного пассажирского транспорта** (метро, LRT, BRT, городские поезда) и интеграция различных видов городского транспорта (в части планирования маршрутов, информирования пассажиров в реальном режиме времени, внедрения единого билета, единой системы сбора платы за проезд и составления скоординированных расписаний движения) требуют значительного увеличения. В ряде городов системы метрополитена имеют очень небольшую протяженность и зачастую слабо интегрированы с другими видами общественного транспорта. Отсутствие достаточного финансирования в целом ряде случаев приводит к демонтажу, переносам и закрытию трамвайных путей и линий, закрытию и банкротству предприятий городского электрического транспорта.

4. На национальном уровне отсутствуют достаточные законодательные **требования или рекомендации** в области развития городского транспорта. У городских властей отсутствуют обязательства разрабатывать стратегические планы развития устойчивых городских транспортных систем или планы устойчивой городской мобильности и увязывать их с городским бюджетом.

5. Недостаточно используются механизмы **управления транспортным спросом**, стимулирующие его переключение с личного автомобильного транспорта на альтернативные средства обеспечения мобильности (развитие общественного транспорта, парковочная политика и устройство перехватывающих парковок, развитие каршеринга и карпулинга, развитие немоторизованных видов передвижения, а также применение различных мер транспортной политики в целях ограничения поездок на личном автотранспорте в перегруженных частях городов).

6. **Организация дорожного движения** во многих городах рассматривается только как система технических мероприятий, направленная на повышение безопасности дорожного движения и пропускной способности УДС без ее должной увязки с планированием городских транспортных систем в целом (недостаточное применение вследствие этого инженерных мер, направленных на повышение безопасности пешеходного движения, предоставление права приоритетного проезда общественному транспорту, введение зон с ограничением движения отдельных категорий АТС, создание выделенной инфраструктуры для общественного транспорта, велосипедного движения и движения СИМ, парковочной политики и т. д.).

7. Недостаточно широко в городах внедряются **интеллектуальные транспортные системы** (ИТС) в сфере организации, мониторинга, контроля и регулирования дорожного движения и работы ПТОП.

8. Ограничены инвестиции в инновационные технологии, которые могут улучшить управление транспортными потоками и сделать поездки более комфортными и безопасными для пассажиров.

Политика в сфере развития и обеспечения функционирования городского транспорта имеет в качестве основы три базовых элемента: законодательное и нормативное правовое обеспечение транспортной деятельности и развития инфраструктуры, транспортное планирование и организационно-техническую политику на транспорте. При этом эффективное **планирование городских транспортных систем** во многом определяет успешность всей городской транспортной политики в рамках устанавливаемых ею целей и задач.

Экскурс в историю развития транспортного планирования. Транспортное планирование, как самостоятельное направление инженерной деятельности, возникло в США в конце 50-х годов прошлого века на основе предшествующего опыта планирования и проектирования автомобильных дорог [153]. В 60-х – начале 70-х годов прошлого века, когда повсеместно со всей остротой начали возникать проблемы транспортных заторов на дорогах (в первую очередь, в городах), транспортное планирование начало широко использоваться во многих странах развитой автомобилизации. Именно в эти годы наблюдался расцвет работ по теории транспортных потоков (Д. Дрю, Б. Гриншильдс, Х. Гринберг, Ф. Хейт, И. Пригожин и др.), ставивших целью найти оптимальные условия для безопасного и эффективного использования пропускной способности дорог. Первыми же транспортными планировщиками ещё раньше в 40-50-х годах явились проектировщики автомобильных дорог, использовавшие соответствующие модели, вытекавшие из теорий транспортных потоков. В этом плане транспортное планирование развивалось позже других дисциплин гражданского и инженерного строительства (сооружение сетей водоснабжения и канализации, электросетей, строительство сетей железных дорог), получивших развитие с конца 19-го века, но по определенной аналогии с ними. Именно из этих строительных дисциплин во многом была позаимствована прогрессивная идея инженеров-строителей – предоставление всем жителям всех необходимых для их жизни базовых услуг путем постепенного подключения всех домов к различным современным технологическим сетям. Задача транспортного инжиниринга, таким образом, состояла в том, чтобы спроектировать, эксплуатировать и поддерживать постоянно расширяющуюся дорожную инфраструктуру, предоставляющую базовые транспортные услуги в масштабах всей страны каждому подключенному дому или бизнесу надежным и экономически эффективным способом [154]. Таким образом, изначально инженеры-проектировщики дорог были сосредоточены на развитии улично-дорожных сетей и их функционировании для обеспечения безопасного и быстрого дорожного движения, а в качестве технологии буду-

щего, как основной вид транспорта рассматривался автомобиль, обеспечивающий перевозки «от двери до двери». Основной задачей транспортного планирования при этом являлось решение проблемы транспортных заторов [155, 156]. Общепринятым определением транспортного планирования, данным в работах [157, 158], является следующее: «это область государственного вмешательства, направленная на обеспечение эффективного и результативного перемещения людей и товаров». За рубежом «транспортное планирование» рассматривалось и рассматривается как т. н. «установленная практика», т. е. «система формальных и неформальных правил/предписаний и ограничений, разработанных человеком, которые структурируют политические, экономические и социальные взаимодействия» [159]. Формальные правила/предписания закрепляются в соответствующих законах и нормативных правовых актах (примером использования таких правил в зарубежной практике могут являться требования о проведении обязательной оценки воздействия транспортных проектов на окружающую среду (в российской практике процедура ОВОС) или требование проведения анализа затрат и выгод, связанных с реализацией проекта (т. н. «cost-benefit analysis»). Общая структура неформальных правил традиционного транспортного планирования представлена на рисунке 4.8.

Неформальные правила относятся к общей практике, используемой обществом специалистов в области транспортного планирования. Хотя они не носят юридически обязательного характера, некоторые из них также могут выступать в качестве требований/предписаний (например, требование об использовании определенного вида транспортной модели). Как видно из рисунка 4.8, основные этапы практики традиционного транспортного планирования включают:

- прогнозирование будущего транспортного спроса. Стандартным инструментом здесь является хорошо известная четырехшаговая модель транспортного спроса, позволяющая спрогнозировать будущие поездки по основным автомобильным маршрутам и маршрутам общественного транспорта в мегаполисах;

- выявление транспортных проблем. Транспортные проблемы возникают там и тогда, когда возникают препятствия для «эффективного перемещения людей и товаров/грузов», т. е. когда в транспортной системе возникают заторы или, иными словами, когда транспортная система не обеспечивает высокого уровня обслуживания. На этом этапе выявляются транспортные проблемы – для каждой транспортной связи ожидаемый спрос на поездки сравнивается с пропускной способностью этой связи и определяются те ситуации, когда спрос на поездки превышает предложение транспортной инфраструктуры (пропускную способность ее отдельной связи). **Именно на этом этапе акцент на обеспечение мобильности выходит на первый план в традиционном транспортном планировании;**



Рис. 4.8. Неформальные правила традиционного транспортного планирования

- далее на третьем этапе разрабатываются решения по устранению выявленных проблем. При традиционном подходе эти решения в первую очередь включают предложения по увеличению пропускной способности дорог или добавлению новых связей в существующие дорожные сети, совершенствованию организации дорожного движения. Эти решения могут предусматривать и совершенствование маршрутной сети разных видов общественного пассажирского транспорта, создание выделенной инфраструктуры для его движения. Принятые решения оцениваются на основе их вклада в снижение загрузки основных элементов улично-дорожной сети с использованием четырехшаговой транспортной модели;

- на последнем этапе проводится оценка необходимых инвестиций для реализации выбранных мероприятий (решений) и вследствие обычной ограниченности ресурсов, выделяемых на эти инвестиции, определяется их приоритетность и очередность. В зарубежной практике в этих целях доминирующее применение получил метод анализа «затрат и выгод» («cost-benefit analysis») – СВА). Этот анализ генерирует данные об экономической эффективности транспортного проекта, которую можно определить, как максимизацию вклада проекта в ВВП (или ВРП). Исходя из понимания пе-

регруженности улично-дорожных сетей и возникновения транспортных заторов, как основной проблемы городов, основным эффектом, включаемым в анализ затрат и выгод, является экономия времени в пути, на которую при **традиционном** транспортном планировании приходится до 80% общих выгод от транспортных проектов. Экономия времени в пути является показателем улучшения функционирования транспортной сети за счет инвестиций в инфраструктуру, организацию дорожного движения и улучшение работы общественного транспорта.

Парадигма **традиционного транспортного планирования** (рисунок 4.9) очень понятна и достаточно просто реализуема.

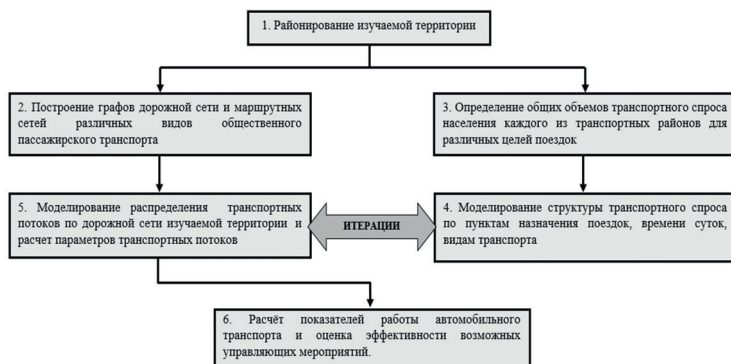


Рис. 4.9. Парадигма традиционного транспортного планирования

Традиционное транспортное планирование характеризуется четким (хотя и узким) пониманием рассматриваемой транспортной проблемы и четким показателем успеха транспортной политики (т. е. повышением эффективности транспортной сети). За последние 60 лет этот подход был принят во многих странах и оправдал инвестиции в огромное количество новых дорог и другие мероприятия по совершенствованию «транспортного предложения» – провозной способности городских транспортных систем. В то же время этот подход уже в течение 30 лет подвергается существенной критике по целому ряду причин, основной из которых является то, что традиционное транспортное планирование с момента его создания было сосредоточено на потенциально неверной цели – **увеличении мобильности**. В существующем контексте увеличение мобильности за счет инвестиций в дорожную инфраструктуру стимулирует в первую очередь рост перевозок личным автотранспортом. Традиционные подходы к городскому транспортному планированию, ориентированные изначально на обеспечение условий для движения автотранспортных потоков и позднее на обеспечение транспортной мобильности, в настоящее время подвергаются критике, в первую

очередь в связи с тем, что обеспечение мобильности не может рассматриваться в качестве конечной цели работы транспорта с точки зрения пользователей. Еще в 70-х годах прошлого века зарубежные ученые [160, 161, 162] отмечали, что люди, как правило, не заинтересованы в поездках, как таковых (т. е. в мобильности), а заинтересованы в доступе к местам и объектам, где они могут удовлетворить свои потребности. **В то время, как улучшение мобильности может подразумевать и улучшение доступности этих мест и объектов, последнее не обязательно вытекает из первого.** В [154] приводится такой пример – если пользователи земель распределены по большой территории, высокий уровень их мобильности не обязательно определяет для них высокий уровень доступности. И наоборот – районы с относительно низкой мобильностью, такие как перегруженные городские центры, не обязательно характеризуются низким уровнем доступности (а скорее имеют высокую доступность!) именно из-за высокой плотности различных видов землепользования на небольшой территории. Основываясь на этих наблюдениях, утверждается, что **традиционное транспортное планирование направляет внимание на «неправильные» проблемы:** оно стремится улучшить мобильность там, где доступность уже высока, игнорирует районы с низкой доступностью, но высокой мобильностью, и не признает потенциально пагубных последствий повышения мобильности для качества жизни населения и экологических проблем в долгосрочной перспективе. Доступность – как цель формирования городов – может быть улучшена не только за счет вмешательства в транспортную систему, но и за счет совершенствования землепользования и градостроительства, за счет изменений в способах предоставления услуг в таких сферах, как здравоохранение или образование, торговля и т. д. Т. е. решения в данном случае лежат далеко за пределами традиционного транспортного планирования, находятся в сфере решения более общей задачи по улучшению качества городской среды в целом.

Несмотря на то, что в последние годы использование методов управления мобильностью позволяет переключить существенные объемы перевозок с личного автотранспорта на ГПТОП и СИМ, стремление удовлетворить растущий транспортный спрос ведет к росту негативных последствий работы транспортных систем. Эти последствия имеют очень широкий спектр, нарушающий базовые принципы «устойчивого развития» – это рост потерь свободного времени населения и снижение эффективности перевозок, ухудшение качества атмосферного воздуха и соответствующий рост заболеваемости и смертности населения; усиление парникового эффекта и потребление невозобновляемых природных ресурсов; расползание городов и фрагментация городских территорий; шумовое воздействие, также оказывающее крайне негативное влияние на здоровье населения; рост гиподинамии населения, приводящей к росту заболеваемости и смертности. В то же

время рост мобильности в городах и агломерациях не является объективной необходимостью для развивающегося общества.

4.5.2. Изменение подходов к транспортному планированию

Как было отмечено, с ростом автомобилизации потенциал решений «автомобиле-ориентированной» транспортной политики резко снижается как вследствие ограниченности городских территорий для расширения улично-дорожной инфраструктуры, так и поскольку рост предложения пропускной способности улично-дорожной инфраструктуры и провозной способности городских транспортных систем порождает ответный рост транспортного спроса (т. н. «индуцированный транспортный спрос»¹⁷ населения), в значительной степени ориентированный на использование автомобиля (рисунок 4.10, см. цветную вклейку), и, в конечном итоге, опять ведет к росту спроса на транспортную мобильность и приводит к новой перегруженности улично-дорожных сетей. Такая мобильность может рассматриваться как «неустойчивая».

По мере роста автомобилизации и территории городов многие страны и крупные города осознали необходимость развития эффективных альтернатив использованию личного автомобиля в виде различных систем ОПТ и средств немоторизованной мобильности и СИМ. Переключение части транспортного спроса на общественный пассажирский транспорт за счет увеличения его провозной способности и повышения качества его услуг позволяет существенно повысить суммарную провозную способность

¹⁷ Индуцированный транспортный спрос – это дополнительный пиковый транспортный спрос, возникающий из-за расширения и улучшения дорожной инфраструктуры. Он подразделяется на «переадресованные поездки» (смещение перемещений автомобилей по времени и/или по маршрутам следования) и на «индуцированные поездки» (увеличение среднегодового пробега автомобилей). Расширение дорожной сети сначала снижает заторы, но это приводит к появлению индуцированного трафика, который возрастает до тех пор, пока заторы вновь не увеличатся и не затормозят его. Поэтому предположение о том, что борьба с заторами приводит к экономии времени автомобилистов, неправомерно. Также несправедливым является утверждение о том, что увеличение мобильности автомобилистов приносит им дополнительную пользу, т. к. в случае индуцированного спроса автомобилисты в основном совершают «вынужденные» поездки, которые они хотели бы избежать. Из-за такого феномена как «индуцированный транспортный спрос», инвестиции в транспортную инфраструктуру могут привести к более высокому общему спросу на поездки. Увеличение пропускной способности существующих дорог или строительство новых представляют собой популярные способы преодоления заторов. Однако опыт показал, что такие меры не сокращают долгосрочный уровень образования заторов. Обычно индуцированный транспортный спрос за несколько лет практически нивелирует эффект от расширения транспортной инфраструктуры. В большинстве случаев расширение дорожной сети приводит к снижению её общей эффективности, повышает «внешние» транспортные издержки и увеличивает автомобилезависимость населения. С другой стороны, развёртывание системы общественного пассажирского транспорта (ОПТ) постепенно набирает эффективность за счёт привлечения большего количества пользователей [163]

транспортных систем и отдельных ее участков, сократить перегруженность УДС и, за счет этого, уменьшить как расстояние, так и суммарное время поездок «от двери до двери». В этом контексте особую актуальность приобретают механизмы управления мобильностью (переключения транспортного спроса) – меры, стимулирующие использование ПТОП, немоторизованных передвижений, СИМ и дестимулирующие поездки на личном автотранспорте. Такие меры должны обеспечивать т. н. «устойчивую мобильность», ориентированную на комплексное использование различных видов транспорта. Но **повышение мобильности**, даже за счет использования наиболее «устойчивых» решений, не может рассматриваться в качестве основной цели транспортной политики (как очень часто имеет место в крупных российских городах!). Целью транспортной политики может быть **удовлетворение спроса на мобильность** в тех случаях, когда **доступность объектов притяжения не может быть обеспечена** за счет увеличения их приближения к пользователю или за счет замещения мобильности виртуальными контактами и цифровыми сервисами. Для подавляющего большинства пользователей важно не передвижение, как таковое, а его результат – достижение цели поездки/перевозки. Поэтому дальнейший рост транспортного спроса в условиях нарастания глобальных проблем (климатические изменения, пандемия COVID-19, продолжающееся загрязнение окружающей среды, сохраняющаяся дорожно-транспортная аварийность, неконтролируемое разрастание городов) заставляет искать новые комплексные решения (в том числе нетранспортные!), связанные с уменьшением расстояний до мест назначения, снижением затрат на поездки, улучшением доступа ко всем видам транспорта, снижением общего спроса на поездки за счет замещения мобильности использованием различных цифровых сервисов и технологий.

Учитывая изложенное, в последние годы приоритеты транспортной политики и принципы планирования транспортных систем в развитых странах претерпели существенное изменение, что было связано с ростом автомобилизации и трансформацией процессов урбанизации, с нарастанием транспортных проблем (в первую очередь, со снижением эффективности и ростом экологических проблем) и изменением осознания и понимания их причин. Динамика подобных изменений детально анализировалась рядом ведущих зарубежных экспертов [158,164–166]. Впервые еще в 2003 году Тодд Литман (Todd Litman) (Канада) [167] рассмотрел различные подходы к оценке и планированию работы транспортных систем, исторически выделив три основных аспекта их рассмотрения – «обеспечение движения транспортных средств – обеспечение мобильности – обеспечение доступности». Различие этих подходов по Литману [167] показано в таблице 4.7.

Основной идеей новой парадигмы транспортного планирования должно стать **сосредоточение усилий на обеспечении доступности в большей**

степени, чем на обеспечении мобильности. Такой подход имеет ряд важных преимуществ перед традиционным (основанным только на планировании мобильности и управлении ею).

Во-первых, как еще в 1994 году отмечалось в [168], доступность, как цель, «позволяет находить компромиссы между политикой в области землепользования и политикой в области транспорта, и фокусирует внимание на уровне обслуживания городского региона в целом, а не только транспортной системы».

Во-вторых, доступность, как цель планирования, обеспечивает четкое направление для разработчиков городской политики. Повышение доступности является «решающим шагом на пути к созданию пригодных для жизни сообществ». Принимая доступность в качестве одной из интегральных целей городской политики, мы «вместо того, чтобы бороться с бесконечным конфликтом между поддержанием мобильности и контролем негативных последствий работы транспорта, можем перейти к конструктивному обсуждению альтернатив, которые повышают доступность, защищая окружающую среду и улучшая качество жизни в наших сообществах» [168].

При переходе в транспортной политике от планирования мобильности к планированию доступности арсенал мер и решений значительно расширяется, включая в себя инструменты управления землепользованием, управления спросом на транспорт и инвестициями в магистральный общественный транспорт (например, легкорельсовый транспорт) и немоторизованный транспорт. Там, где традиционное транспортное планирование было направлено на повышение мобильности, планирование доступности «заключается в создании мест, которые уменьшают необходимость в поездках и при этом помогают экономить ресурсы, защищать окружающую среду и способствуют социальной справедливости» [154]. Аналогично этому, Т. Литман [169, 170], сравнивая традиционный подход с подходом, основанным на планировании доступности, также приходит к выводу: «Доступность – это самая широкая перспектива, и поэтому она предлагает наиболее потенциальные решения транспортных проблем, включая более доступное развитие землепользования и использование «заменителей мобильности», таких как улучшение телекоммуникаций и услуг доставки». С точки зрения Литмана планирование доступности таким образом также является наиболее значимым, поскольку оно «расширяет спектр возможных решений транспортных проблем, которые могут привести к лучшим решениям». Но он также утверждает, что эти «лучшие решения» не только решают транспортные проблемы, но также, вероятно, будут иметь «сопутствующие

Таблица 4.7

Три подхода к рассмотрению, оценке и планированию транспортных систем (Т. Литман)

	Дорожное движение	Мобильность	Доступность
Определение	<ul style="list-style-type: none"> • ДД – это движение АТС по УДС • Поездка – это передвижение АТС • Улучшение качества транспортной системы – увеличение пробега (авт-км) и скорости АТС 	<ul style="list-style-type: none"> • Мобильность – это перемещение людей и грузов • Поездка – это действия людей в процессе их перемещения и перевозки грузов • Любое увеличение протяженности поездок или их скорости приносит пользу обществу (пасс.-км, тонно-км) 	<ul style="list-style-type: none"> • Доступ является конечной целью большинства поездок • Доступ (доступность) – способность достигать желаемых работ, товаров, услуг, других людей • Доступность обеспечивается приближением объектов притяжения (землепользование), повышением мобильности и ее замещением
Рассматриваемые пользователи транспортной системы	Водители и пассажиры АТС	Водители и пассажиры АТС, но также и пассажиры ОПТ, пользователи каршеринга, велосипедисты	Люди и предприятия, которые хотят получить доступ к товарам, услугам, видам деятельности или пунктам назначения вне зависимости от вида передвижения
Рассматриваемые виды транспорта	Поездки автотранспортом	В первую очередь, поездки автотранспортом, но также рассматривается ОПТ, каршеринг и такси, велоспорт, пешеходное движение. Поддерживает интегрированное рассмотрение транспортной системы	Рассматривает все варианты доступа, включая заменители мобильности. Поддерживает более короткие и более медленные поездки, если они обеспечивают адекватный доступ. Поддерживает управление мобильностью и землепользованием, если они повышают доступность

	Дорожное движение	Мобильность	Доступность
Землепользование	Оценка землепользования с т. з. близости к автомагистралям и парковкам	Близость к автомагистралям и наличие парковок остаются важны, но также важным становится доступ к сети ОПТ и вело-движению в районах с высокой плотностью населения	С т. з. землепользования доступность также важна, как мобильность при оценке качества транспортировки. Различные модели землепользования благоприятствуют различным приращениям, смешанное использование, подключение к транспортной сети определяют эффективность работы транспортной системы
Транспортные проблемы и пути их решения	Увеличение затрат времени, барьеров в использовании автомобиля, рисков в ДД. Решения – увеличение пропускной способности дорог и емкости парковок, увеличение скоростей движения, увеличение владения автомобилем и доступности вождения	Ограничения на физическое передвижение людей. Решения – все то, что увеличивает моторизованную мобильность, вкл. личные автомобили, ОПТ, такси (пропускная способность транспортной системы, скорости сообщения, мульти-модальные связи). Учет велосипедного и пешеходного движения – в очень небольшой мере.	Планирование, основанное на доступности, расширяет круг рассматриваемых проблем и потенциальных решений. Рассматриваемые проблемы включают любые затраты, барьеры или риски, которые мешают людям достичь желаемых возможностей. Решения – улучшение дорожного движения, повышение мобильности, замена мобильности, более доступное землепользование
Измерение	Численность автомобилей и водителей, пробег автомобилей, интенсивности и средние скорости движения, уровни обслуживания, задержки и др.	Чел.-км, тонны-км, скорости поездов, средние скорости автомобилей и ОПТ, уровни обслуживания для ОПТ и вело.	Время, стоимость, дискомфорт и риск, необходимые для достижения мест притяжения

выгоды», такие как экономия затрат на инфраструктуру (снижение требований к дорогам и парковкам), сокращение выбросов загрязняющих веществ и улучшение физической формы людей и их здоровья, «все это следует учитывать при проведении анализа транспортных систем» [169]. Как Хэнди и Серверо, Литман таким образом предполагает, что планирование доступности должно быть направлено на решение широкого круга проблем современных городов.

При разработке единой стратегии в области землепользования и транспорта крайне важно четкое понимание того, на что направлена данная стратегия. Общей целью здесь является определение желаемых улучшений, которые город стремится реализовать в рамках своей транспортно-градостроительной системы.

Таким образом, хотя ряд экспертов-транспортников утверждает, что транспортное планирование при подобном подходе определенным образом эволюционирует в форму **комплексного городского планирования**, охватывающего множество целей и одновременно основанного на довольно узком показателе «доступности», переход к планированию доступности несомненно является важным и ранее неиспользуемым резервом регулирования транспортного спроса в городах и городских агломерациях. **Доступность является интегрирующим показателем, который характеризует необходимость поездок.** А поездки (а именно связанный с ними пробег автотранспортных средств!), как отмечено выше, являются источником многочисленных экстерналий. В связи с этим, обеспечение доступности городской среды может рассматриваться в качестве одного из ключевых направлений обеспечения устойчивого развития транспортных систем крупнейших и крупных городов. При этом, как отмечено выше, такая концепция предполагает существенное расширение сферы транспортного планирования и роли специалистов в области транспортного планирования. Выделяются три этапа планирования для обеспечения доступности городской среды:

- планирование городской среды (градостроительное планирование) для обеспечения максимальной доступности различных мест притяжения (мест приложения труда, мест получения услуг и т. д.), доступа к другим людям, что обеспечивает общее снижение потребностей в поездках на автомобиле;
- планирование городской транспортной инфраструктуры для обеспечения перевозки максимальных потоков пассажиров – TOD – «Transit Oriented Development», что в максимальной степени обеспечивает движение людей, а не автомобилей. При этом приоритет должен отдаваться в первую очередь максимально экологичным видам городского общественного пассажирского транспорта (метро, трамвай, троллейбус, электробус);
- планирование городской дорожной инфраструктуры для обеспе-

чения наиболее прямых транспортных связей и пропуска наибольшего количества автомобилей с более высокими скоростями. При этом площадь территории, достигаемой пользователями автомобилей, которая пропорциональна квадрату скорости движения, будет увеличиваться и, соответственно, будет увеличиваться число возможных объектов притяжения каждой категории пользователей за время, отводимое на поездки.

Конечно, «доступность» не может являться единственным показателем эффективности и должна дополняться другими сопутствующими показателями, характеризующими эффективность городского и транспортного планирования и соответствующих городских политик. Как отмечено в [154], «принятие мер по обеспечению доступности является лишь необходимым, но не достаточным условием для изменения результатов транспортного планирования». Это в последующем разделе (раздел 4.6) проиллюстрировано на примере концепции «избегай – сдвигай – улучшай» (A-S-I).

Помимо этого, многими исследователями отмечается, что в повышении доступности важную роль играют фискальные/финансовые инструменты, что часто не учитывается политиками, экспертами и практиками и затрудняет разработку действительно междисциплинарного подхода.

Изменение парадигмы транспортной политики и транспортного планирования с «обеспечения мобильности» на «обеспечение доступности» может позволить снизить удельный транспортный спрос (в пасс-км на чел. в год) в среднем на 28% к 2050 году по сравнению с ожидаемыми результатами традиционной городской транспортной политики (ITF, 2021).

На рисунке 4.11 представлена описанная выше трансформация задач транспортной политики (приводится по C.Venter, 2016) [171].

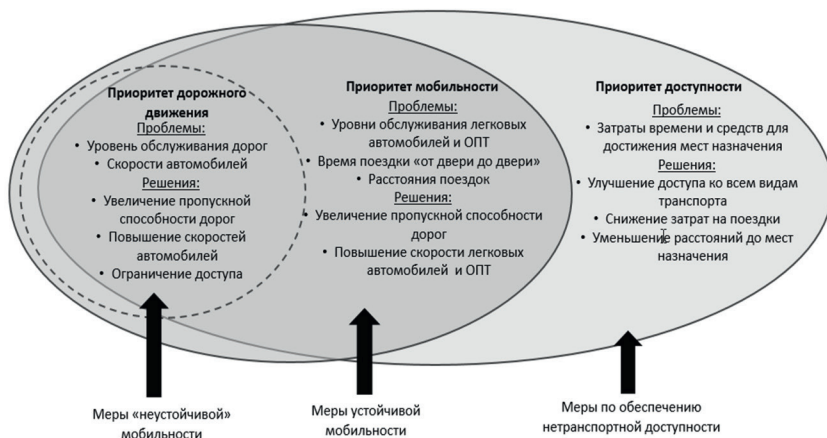


Рис. 4.11. Трансформация задач транспортной политики: развитие транспортной политики – от дорожного движения к доступности

Контрольные вопросы:

1. Традиционные подходы к планированию городских транспортных систем.
2. Приоритеты транспортной политики и планирования городских транспортных систем – изменение парадигмы. Недостатки традиционных подходов.
3. Три подхода к рассмотрению, оценке и планированию транспортных систем.

4.6. Концепция «избегай – сдвигай – улучшай» – как формировать устойчивые городские транспортные системы на основе комплексных решений

Концепция «A-S-I» впервые была сформулирована в Германии в начале 1990-х годов как «vermeiden, verbessern, verlagern» [172]. Этот термин был впервые опубликован в отчете Комиссии германского парламента за 1994 год [173]. Наиболее полно данный подход был изложен в руководстве GIZ Planning Dense and Human Scale Cities [174]. В данном документе отмечено, что обеспечение устойчивости городской транспортной системы может быть достигнуто на основе подхода, основанного на реализации принципа трех уровней мер и решений, которые определяются словами: «избегать-сместить-улучшать» («Avoid-Shift-Improve») и могут осуществляться параллельно или последовательно. По сути, это представляло формулировку перехода на новую парадигму транспортного планирования. Концепция предполагает следующее распределение решений и мер в рамках существующих компетенций различных органов власти, субъектов транспортного бизнеса и транспортной деятельности [3]:

1. Решения и меры в рамках направления «Избегай»

Блок элементов, реализующих принцип «**Избегай**», включает любые меры, направленные на повышение эффективности градостроительно-транспортной системы в целом, позволяющие **избежать** необходимости поездок с использованием автотранспорта (в первую очередь, личного автотранспорта) и сократить их продолжительность. Соответствующие меры и решения направлены на снижение генерации транспортного спроса, сокращение протяженности/расстояний передвижений и пробега транспортных средств («обеспечение близости»), создание условий для дальнейшего перераспределения транспортного спроса между видами транспорта, рационализацию условий движения транспортных средств за счет мер гра-

достоительной и транспортной политик, механизмов совершенствования землепользования, мер организации дорожного движения.

К данной категории мер и решений относится только около 5% решений непосредственно в области транспортной политики. Для сокращения потребности в поездках требуются политические решения в области более комплексного городского и землеустроительного планирования, а также изменения в социально-экономической политике в целом.

На основании передового зарубежного опыта перечень мер и решений данного направления может среди прочего включать (некоторые из них будут более подробно рассмотрены в последующих разделах):

а) городское планирование:

- комплексное планирование транспорта и землепользования в целях повышения доступности для населения различных объектов притяжения и объектов инфраструктуры ПТОП, а также исключения условий формирования гипермобильности при реализации градостроительных проектов (в частности при реализации программ реновации жилья);
- обеспечение институциональной, законодательной и нормативно-правовой интеграции вопросов городского и транспортного планирования (в частности, возможное создание в городской администрации единого органа, ответственного за городское планирование и транспорт);
- проведение оценки воздействия строительства и реконструкции всех объектов жилищного, социально-бытового, культурного и промышленного назначения на транспортную систему города;
- обеспечение достаточной пропускной способности транспортной системы новых жилых районов согласно стандартам качества транспортного обслуживания населения (общественным транспортом) еще до ввода нового жилья в эксплуатацию;
- поддержка проектов строительства доступного жилья в центральных частях городов (с целью снижения потоков поездок в центр города);
- застройка городских кварталов с учетом принципов «смешанного использования» («mixed-use») территории и смешанной застройки;
- планирование плотной, но ограниченной по высотности, жилой застройки территорий, соответствующей физическим и психологическим ожиданиям граждан;
- реализация концепции транзитно-ориентированной застройки городских территорий;
- обеспечение нахождения в пешеходной доступности основных объектов притяжения и создание условий для приоритетного использования других активных видов передвижения;
- стимулирование создания городских локальных (районных) деловых и торговых центров, городских общественных пространств, «зеленых» и «голубых» зон; «зон успокоения движения»;

- проектирование жилых зон, свободных от автомобильного движения (пешеходных и смешанных велосипедно-пешеходных зон).

б) управление использованием городских территорий с точки зрения их транспортного обслуживания:

- транзитно-ориентированное развитие территорий, т. е. концентрация плотной жилой застройки вокруг остановок с высокой частотой обслуживания магистральным общественным пассажирским транспортом (метро, трамвай, городская железная дорога);

- обеспечение связанности городских территорий и снижение за счет этого перепробегов, связанных с вынужденными объездами;

- стимулирование создания предприятий торговли и сервиса в зонах городских транспортных узлов, а также размещения офисных площадей вблизи остановок системы городского общественного транспорта;

- размещение социально значимых объектов (органы местного самоуправления и социального обслуживания, медицинские клиники и библиотеки и др.) в непосредственной близости от основных остановок ПТОП с высокой частотой обслуживания;

- размещение районов с невысокой плотностью жилой застройки на небольшом расстоянии от остановок городского общественного транспорта, которое можно легко преодолеть на велосипеде;

- выделение территорий и создание условий для организации велопарковок в зонах крупных остановок городского общественного транспорта и транспортно-пересадочных узлов;

в) другие решения:

- разработка и внедрение планов устойчивой городской мобильности, их широкое обсуждение, мониторинг реализации;

- совершенствование организации дорожного движения с учетом обеспечения приоритетов для пешеходов, велосипедистов и средств общественного пассажирского транспорта (в первую очередь, на сложных перекрестках и путем создания для них выделенной инфраструктуры);

- интеграция вопросов транспорта в планы/программы борьбы с изменением климата, планы и программы в области охраны окружающей среды.

2. Решения и меры в рамках направления «Сдвигай»

Основной задачей данной группы мер является стимулирование перераспределения транспортного спроса на более безопасные виды городского транспорта и передвижения (ОПТ и «активные виды мобильности») за счет механизмов и мер управления мобильностью (транспортная политика). Блок элементов «Сдвигай» включает любые меры, направленные на повышение эффективности и безопасности индивидуальных поездок, поощряющие людей меньше ездить на личных автомобилях и больше использовать

общественный транспорт, ходить пешком и ездить на велосипеде.

К этой категории относятся, например, меры и решения, связанные с управлением мобильностью через:

а) создание адекватных альтернатив использованию личного автотранспорта через:

- обеспечение финансирования развития, повышения безопасности и качества услуг пассажирского транспорта общего пользования, обеспечение необходимой провозной способности систем пассажирского транспорта общего пользования (увеличение численности подвижного состава, сокращение интервалов движения);

- введение стандартов качества транспортного обслуживания населения, закрепление их в контрактах с перевозчиками;

- создание городских магистральных систем наземного общественного пассажирского транспорта об (BRT, LRT, выделенные трамвайные линии);

- внедрение электронных приложений для пользователей транспортной системы, планирующих поездки, оптимизирующих маршруты движения и выбор вида транспорта;

- создание мультимодальных систем общественного пассажирского транспорта – обеспечение легкости и доступности пересадок, координация расписаний, внедрение единой системы электронных проездных документов;

- инвестиции в велосипедную и пешеходную инфраструктуру (вело- и пешеходное движение), создание условий для использования средств индивидуальной мобильности – выделенные полосы для движения, парковки, пункты обслуживания и др.

- развитие систем совместного пользования транспортными средствами (каршеринг, байкшеринг, карпулинг, райдшеринг, кикшеринг, традиционное такси).

б) введение обоснованных ограничений на использование личного автотранспорта, включая:

- реализацию парковочной политики (зоны платной парковки, дифференцированная плата за парковку, запрет парковки на определенных улицах);

- введение различных ограничений на движение автотранспорта (в т. ч. запрет движения определенных типов и категорий транспортных средств, платность проезда в условиях заторов, «зоны с низкими выбросами» и др.);

- обустройство пешеходных зон, пешеходных улиц;

- проведение информационных и разъяснительных кампаний в средствах массовой информации, работа с общественностью.

3. Решения и меры в рамках направления «Улучшай»

Блок элементов «Улучшай» включает любые меры, направленные на повышение безопасности и эффективности транспортных средств, используемых видов топлива и совершенствование транспортных технологий, технологий организации и регулирования дорожного движения за счет механизмов и мер технической и транспортной политик. На основании передового зарубежного опыта перечень мер и решений данного направления может включать:

а) стимулирование производства и использования «безопасных и чистых» транспортных средств и моторных топлив/источников энергии:

- принятие современных требований к вновь производимым и ввозимым автомобилям в части их безопасности, выбросов, энергоэффективности и внешнего шума; введение запрета на ввоз «старых» автомобилей;
- принятие современных требований к производимым и ввозимым моторным топливам, установление механизма контроля за качеством моторных топлив при их реализации и ответственности операторов заправочной инфраструктуры;
- разработка и внедрение правовых и организационных механизмов, стимулирующих обновление парка эксплуатируемых автотранспортных средств за счет вывода из эксплуатации и утилизации «старых» автомобилей и дооборудования/переоборудования определенных категорий эксплуатируемых автомобилей;
- обеспечение эффективных процедур технического обслуживания автотранспортных средств и контроля их технического состояния в эксплуатации;
- внедрение «зон с низким уровнем выбросов» в городах;
- льготы для владельцев автомобилей за переход на использование более безопасных, энергоэффективных и/или экологичных автомобилей;
- стимулирование использования «чистых» видов топлива;
- обеспечение инфраструктуры для заправки экологически чистыми видами топлива, зарядной инфраструктуры для электромобилей;
- введение механизмов налогообложения, стимулирующих приобретение и использование наиболее экологичных автомобилей;
- закупки экологичного и экономичного подвижного состава для общественного транспорта (муниципальный транспорт);
- инвестиции в электрификацию автобусных перевозок.

б) улучшение используемых транспортных технологий и технологий организации дорожного движения:

- создание системы обеспечения участников дорожного движения оперативной (своевременной) информацией об условиях движения, транспортных заторах, наличии парковок, расписаниях движения общественного пассажирского транспорта и его реальном прибытии и т. д.;

- дифференциация скоростных ограничений в городах в зависимости от категории городских дорог (с введением скоростных ограничений в зонах жилой застройки и общего ограничения скорости в городах), усиление контроля соблюдения этих ограничений и штрафов за нарушения;

- совершенствование организации дорожного движения с учетом приоритета движения пешеходов, велосипедистов и средств общественного транспорта (в первую очередь на сложных развязках и путем создания для них выделенной инфраструктуры);

- совершенствование управления дорожным движением на улично-дорожной сети городов, управления пассажирскими и грузовыми перевозками с использованием современных средств автоматизации, телематики и транспортной навигации;

- совершенствование грузовой логистики в городах.

В последнее время, особенно с учетом специфики новой ситуации, сложившейся в условиях пандемии COVID-19, модель «И-С-У» трансформировалась в новую – «Избегай-Замещай-Сдвигай-Улучшай» (И-З-С-У), в которой появилась новая важная составляющая, связанная с «замещением» мобильности различными цифровыми и информационными сервисами, снижающими спрос на мобильность (потребность в поездках). Блок элементов, реализующих принцип «Замещай», включает любые меры, направленные на замещение потребности в поездках за счет развития новых информационных технологий, изменения организации производственных процессов и т. д.

К этой категории относятся, например, мероприятия, связанные с:

- созданием условий для максимально возможного перевода компаний и/или отдельных сотрудников на дистанционные методы работы;

- организацией совещаний, конференций, семинаров и прочих мероприятий в режиме «on-line»;

- переводом, где это возможно, части учебных занятий в организациях высшего, среднего специального и дополнительного образования в дистанционный режим (семинары, консультирование проектов и т. д.);

- изменением графиков работы предприятий и организаций, отдельных сотрудников с целью снижения пассажиропотоков в часы «пик»;

- развитием системы торгового и социально-бытового обслуживания населения в шаговой доступности с уровнем ассортимента и качества товаров и услуг, в полной мере удовлетворяющим потребности разных групп населения («смешанное использование» территорий);

- развитием системы дистанционной торговли и доставки товаров, выездного оказания услуг.

В зависимости от конкретной ситуации в городах и от их размера могут применяться один, два или все элементы политики «И-З-С-У». Общая схема формирования устойчивой транспортной политики на основе описан-

ных принципов представлена на рисунке 4.12.

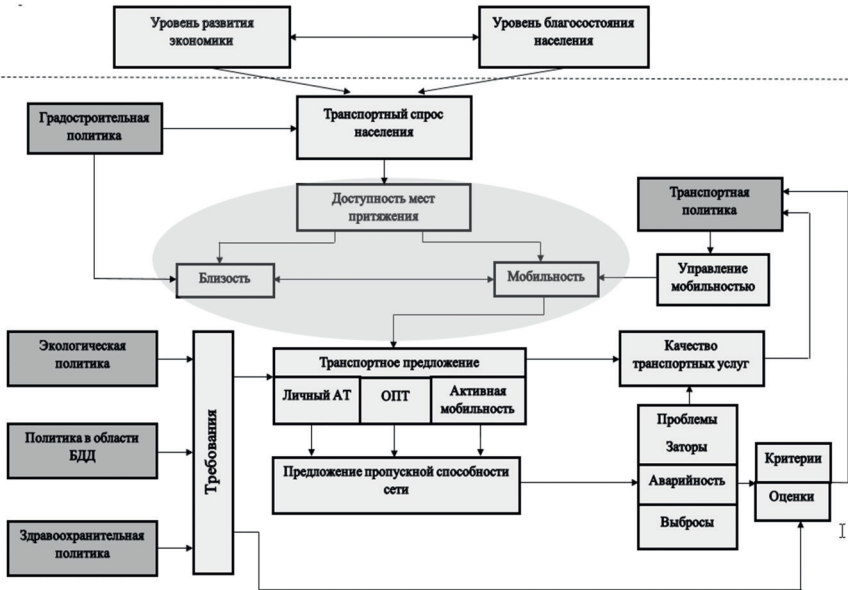


Рис. 4.12. Общая схема формирования устойчивой транспортной политики

4.7. Влияние моделей землепользования и градостроительных решений на доступность и мобильность

4.7.1. Современные международные подходы к обеспечению качества городской среды

Среди исследователей, политиков и практиков существует твердое согласие в том, что транспорт и городское землепользование влияют друг на друга. Например, то, как планировщики рассматривают землепользование в своих городских районах, может оказать глубокое влияние на потребность в транспорте, а предоставление услуг транспорта может, в свою очередь, оказать значительное влияние на решения в сфере землепользования.

Что такое идеальная модель города в понимании современных ученых-урбанистов? В удобном для жизни городе всегда удобно передвигаться пешком: к многочисленным и обширным пешеходным зонам можно комфортно добраться на метро, трамвае, велосипеде или такси, но невозможно приехать на своем автомобиле. В центрах городов автомобили не паркуются на проезжей части, а остановка разрешена только для высадки пассажиров.

Идея заключается в том, чтобы внушить пользователям мысль: автомобиль в центре города припарковать трудно и дорого, сюда необходимо приезжать на общественном транспорте или на такси. Городские власти, давая разрешение на строительство, обязательно должны проверить, не ухудшит ли новый (или реконструируемый) объект условий движения в окрестности своей дислокации. Те же городские власти, утверждая очередную схему организации дорожного движения и/или парковочного пространства, должны проверить, не нанесут ли нововведения ущерба пассажирским сообщениям, культурно-исторической идентичности и экологии города.

Бывший мэр Боготы Энрике Пеньялоса, известный идеолог нового урбанизма, утверждал: «Город является более цивилизованным не в том случае, когда он имеет автомагистрали, но тогда, когда ребенок на трехколесном велосипеде может легко и безопасно поехать почти куда угодно» [175]. К этому утверждению можно добавить, что такой город должен быть удобен для всех жителей, в том числе и для тех, кто сейчас не может расстаться со своим автомобилем. Подобный «город завтрашнего дня» не может ассоциироваться и с высокими выбросами CO₂, долгосрочным ущербом для здоровья из-за выбросов от автотранспорта и долгих часов, проведенных в пробках и потраченных в пути на работу и обратно домой. Необходимо помнить, что главной ценностью для человека является время – единственный конечный и невозобновляемый человеческий ресурс. Продолжительность жизни, время трудоспособной жизни и непроизводительно потраченное время (в первую очередь на передвижения), потери активных лет жизни вследствие заболеваемости и/или преждевременной смерти – это показатели, в значительной степени характеризующие качество жизни в городах.

Практика показала, что попытки обеспечить устойчивость и эффективность городских транспортных систем без учета градостроительно-планировочных аспектов, ориентируясь только на расширение дорожной инфраструктуры и улучшение работы общественного транспорта, не приводят к успеху. Потребности людей в мобильности, как было отмечено выше, определяются уровнем доступности различных объектов притяжения (рабочих мест, услуг, социальной инфраструктуры, других людей и т. д.) в городской среде.

В последние десятилетия во всем мире и в России из-за быстрого прироста городского населения происходит изменение ландшафта городов, связанное с разрастанием их территорий, которое сопровождается серьезными проблемами, включая чрезмерно высокую плотность застройки, неэффективное землепользование, высокую зависимость от личных автомобилей, высокую сегрегацию использования территорий и рост транспортных загрязнений. Современные модели роста городов приводят к формированию фрагментированного и неэффективного городского пространства, в котором теряются как городские преимущества, так и концепция города в

целом.

В 2016 году Организация Объединенных Наций приняла Новую городскую повестку дня в рамках конференции Хабитат III в Кито [176]. Данный документ призван способствовать осуществлению национальной политики городского планирования на основе комплексной городской застройки и смешанного использования территорий. Документ также подчеркивает роль городского планирования как средства контроля за земельными ресурсами и обеспечения «права на жизнь в городе» для всех, включая доступ к базовым услугам, жилью и трудоустройству, а также к «преимуществам и возможностям городов». Новая городская повестка дня неоднократно ссылается на вопрос мобильности, как на ключевой фактор ограничения разрастания городов и мегаполисов, поддержки их сбалансированного развития, а также снижения социальных и экологических издержек, связанных с перегруженностью транспортной инфраструктуры и загрязнением окружающей среды.

Территориально-пространственное планирование на уровне страны, региона, города или района является ключевым фактором устойчивого социального, территориального и экономического развития. Оно должно способствовать интеграции таких секторов, как жилищное строительство, транспорт, энергетика и промышленность, а также совершенствованию национальных и местных систем застройки городских и сельских территорий с учетом экологических последствий. Качество городского управления во многом характеризуется качеством территориально-пространственного планирования, которое в том числе должно обеспечивать инклюзивность за счет нахождения баланса между доступностью городских территорий и мобильностью населения с учетом интересов и возможностей всех категорий пользователей, а также последствий работы транспортной системы для окружающей среды и здоровья населения. Эффективная градостроительная политика, взаимосвязанная с мультимодальными транспортными решениями, позволяет избежать неравномерности территориально-пространственного развития, обеспечить социально-экономическую интеграцию различных городских территорий и групп населения, избежать деградации окружающей среды [3].

Согласно Программе Организации Объединенных Наций по населенным пунктам (ООН-Хабитат) [177], в городах будущего должен формироваться иной тип городской структуры и пространств, в которых будут процветать городская жизнь и решаться наиболее распространенные проблемы нынешней урбанизации. Программа ООН-Хабитат предлагает подход, который совершенствует существующие теории устойчивого городского планирования. Этот подход основан на пяти принципах, которые подкрепляют **три ключевые характеристики устойчивых районов и городов – компактность, интегрированность, связанность.**

Эти пять принципов приведены ниже [178]:

1. Достаточное пространство для улиц и эффективная улично-дорожная сеть. Улично-дорожная сеть (УДС) должна занимать не менее 30% территории города и составлять не менее **18 км** протяженности УДС на один квадратный километр площади территории (при этом протяженность УДС рассматривается с учетом всех межквартальных проездов, переулков и т. д.!!!);

2. Высокая плотность населения. Не менее **15 000** человек на квадратный километр застроенной территории (150 чел./га или 61 чел./акр). Например, в г. Москве более, чем 35% всех городских районов имеют плотность, превышающую этот уровень. Наивысший показатель плотности населения в г. Москве составляет 30,4 тыс. человек на 1 км². 3 городских района (2,4%) имеют плотность населения от 25,0 до 30,0 тыс. человек на 1 км², 14 (11,2 %) – от 20 до 25 тыс. человек на 1 км² и 27 (21,6%) – от 15,0 до 20,0 тыс. человек на 1 км².

3. Смешанное землепользование. Для хозяйственного использования в любом районе должно быть выделено не менее 40% от общей площади городской территории (под территориями, предназначенными для хозяйственного использования в городском хозяйстве, понимаются территории, отводимые под комплекс расположенных на **территории города** (либо другого населённого пункта) предприятий, организаций, учреждений, обслуживающих материальные, культурные и бытовые потребности населения, проживающего в **городе** (населённом пункте));

4. Социальный баланс. Наличие жилых домов в различных ценовых диапазонах и сдаваемых в аренду квартир для людей с различными доходами в любом районе. При этом от 20 до 50% жилой площади должно быть отведено под недорогое жильё. На каждый отдельный вид жилья не должно приходиться более 50% от всех видов жилья;

5. Ограниченная специализация землепользования. Ограничение функционального назначения отдельных кварталов – кварталы, выполняющие только одну функцию, не должны занимать более 10% площади района.

Реализация перечисленных принципов привела к появлению концепции «компактного города». Ключевые характеристики компактной городской среды представлены на рисунке 4.13 [179]. Компактная городская среда характеризуется сочетанием высокой плотности застройки и улично-дорожной сети при сохранении средней этажности со смешанным функциональным использованием зданий и территорий.

Становится все более очевидной необходимость смещения доминирующей транспортной парадигмы в направлении сосредоточения инвестиций

на создание ярких, полных энергии и жизни, приспособленных для проживания людей городских территорий, в которых транспорт играет вспомогательную, обеспечивающую роль [3]. Важность подобного подхода к планированию городской среды признается все большим количеством ученых и специалистов [74].



Рис. 4.13. Ключевые характеристики компактной городской среды и их эффективность

Существующие модели землепользования влияют на мобильность и доступность. Плотность застройки (количество людей или рабочих мест на единицу площади земли) увеличивает близость общих пунктов назначения и количество людей, пользующихся каждым видом транспорта, при этом увеличивается спрос на пешие и велосипедные передвижения, на поездки на ПТОП. Как отмечалось выше, доступность может быть обеспечена или приближением мест притяжения к пользователям транспорта, или повышением их (пользователей) мобильности. Увеличение близости снижает спрос на мобильность, и наоборот снижение близости (увеличение расстояний между объектами притяжения) ведет к росту мобильности.

Высокая плотность населения подразумевает большой спрос на транспортные услуги и сильную нагрузку на транспортную инфраструктуру. Наиболее оптимальным решением в этом случае является обеспечение эффективного массового общественного пассажирского транспорта (в первую очередь метро, городской железной дороги и трамвая). Чем больше пользователей и чем разнообразнее их требования к качеству транспортного обслуживания, тем разнообразнее должно быть предложение транспортных услуг и используемых видов мобильности. В компактной городской среде с высокой плотностью УДС создаются полноценные условия для каждого из видов транспорта и передвижения, включая пешеходное и велосипедное. Учитывая, что большинство жителей городов предпочитает жить, работать, отдыхать и делать нужные покупки на одной территории, не тратя время,

средства и силы на многочасовые поездки из одной части города в другую, в рамках концепции компактного города сложился тренд городского развития, призванный удовлетворить разнообразные потребности горожан и ориентированный на смешанное использование территорий («mixed-use development»).

Смешанное использование территорий. Смешанное (или многофункциональное) использование территорий представляет концепцию их развития, означающую наличие в их границах разнообразия функций мест притяжения населения, учитывающего разнообразие характеристик пользователей (социальных групп и возрастных категорий жителей). Доступность для жителей потенциальных мест притяжения и достопримечательностей становится при этом значительно больше [180]. Под смешанным использованием подразумевается сочетание, как минимум, следующих форматов (функций) **городского комплекса – жилье, торговые помещения, деловой сектор, объекты социально-культурного назначения.** При этом торговая часть комплекса должна обеспечивать продажу товаров и услуг различной номенклатуры и различных ценовых категорий – продуктов, одежды, спортивных товаров, медикаментов, услуг кафе и ресторанов. При реализации данной концепции одной из основных целей застройщиков должно являться снижение для жителей соответствующего района необходимости передвижений по городу, так как всё нужное будет расположено возле их дома.

Смешанное использование территорий (или смешанное землепользование) следует сочетать со смешанной **застройкой** (нахождением в одних и тех же зданиях жилых помещений и офисов, объектов торговой и социальной инфраструктуры), что еще в большей степени сокращает число необходимых поездок/передвижений.

Смешанное землепользование позволяет создавать дополнительные рабочие места в местах массового проживания населения. При этом необходимо подчеркнуть, что увеличение плотности застройки (плотности населения) без компенсирующих мер смешанного использования территорий и зданий, без соблюдения социальных и гигиенических нормативов ведет к ухудшению качества жизни населения, снижению доступности и росту транспортной мобильности. Помимо этого, исходя из современной градостроительной теории, необходимо ограничивать этажность возводимых зданий (практика формирования «компактных городов», как упомянуто выше, говорит о необходимости строительства **жилых** домов не выше 7 этажей!).

Районы со смешанным характером землепользования и развитой сетью улиц местного значения, межквартальных проездов и переулков характеризуются меньшими расстояниями поездок и смещением доли перемещений на немоторизованные виды передвижения.

Концепция «mixed-use» является популярным трендом среди современных урбанистов. Цель современных правил землепользования и застройки — свести к минимуму вредные воздействия городской среды на качество жизни и здоровье человека. Так, зоны, где возможны шум, вибрации, неприятные запахи, интенсивные транспортные и пешеходные потоки, не должны находиться рядом с жилыми кварталами. Каждая городская зона должна иметь перечень видов разрешённого использования. На территориях смешанного использования могут совмещаться разные модели поведения людей. Благодаря этому у горожан нет необходимости с возрастом покидать полюбившийся район и разрывать сложившиеся социальные связи. Многофункциональность способствует улучшению качества городской среды, следовательно, влияет на рост стоимости недвижимости, доходов города и собственников. Так как в многофункциональных районах дом, магазины и работа находятся близко друг к другу, пешие и велосипедные передвижения увеличиваются на 10–20%. Здесь не обязательно тратить средства на автомобиль и общественный транспорт, поэтому улучшаются условия для людей с низкими доходами и стираются границы их пространственной сегрегации. Компактность кварталов позволяет экономить время на поездках, а также позволяет городу экономить на мероприятиях по защите окружающей среды, а горожане получают преимущества в виде улучшения здоровья за счет увеличения их физической активности [3].

Для сравнения раздельное землепользование и преобладание в городе скоростных автострад приводят к увеличению количества и протяжённости автомобильных поездок. Градостроительные меры сами по себе могут быть не очень эффективными в силу консервативности транспортного поведения людей, поэтому они должны дополняться мерами «кнута и пряника» (стимулирования и дестимулирования определенных видов поездок), направленными на преодоление этой консервативности. Однако наличие правильно организованной структуры землепользования является необходимым элементом для эффективной реализации прочих мероприятий, направленных на предотвращение **избыточной** мобильности. Учитывая тесную связь между градостроительными аспектами и мобильностью, следует особенно на ранних стадиях городского планирования уделять гораздо больше внимания анализу планируемых мероприятий/проектов с точки зрения их возможного влияния на генерацию транспортного спроса. Если увеличения транспортного спроса избежать не представляется возможным, то для обеспечения связанной с ним мобильности следует рассмотреть возможные альтернативы в виде использования общественного и немоторизованного транспорта. Создание благоприятных условий для того или иного вида перемещений (в частности, выделенной инфраструктуры) приводит к росту его привлекательности в глазах потенциальных пользователей, тем

самым создавая предпосылки к возникновению эффекта «индуцированного спроса» на эти виды передвижений/поездки [181]. Другими словами, «спрос рождает предложение, а предложение – спрос» [3].

Безусловно, реализация устойчивого транспортного и городского планирования проходит по-разному в зависимости от конкретной градостроительной ситуации и сложившихся моделей землепользования. Для **городов со сложившейся застроенной средой** необходимо в первую очередь адаптировать и модернизировать под нее транспортную систему, обеспечивая максимальную **доступность городских территорий** с использованием общественного транспорта, немоторизованных видов транспорта и в последнюю очередь личного автотранспорта. Перепроектирование существующей транспортной системы с «автомобиле-ориентированной» на «ориентированную на общественный транспорт» в этом случае должно осуществляться при одновременном ограничении наращивания транспортного спроса за счет нового строительства (реновация жилого фонда, точечная застройка, реконструкция отдельных объектов жилой застройки, застройка территорий бывших промышленных объектов и др.) или его осуществления на принципах смешанной застройки, с ориентацией рассматриваемых территорий на приоритетное обслуживание магистральным общественным транспортом («mass-transit» – метро, легкорельсовый транспорт, трамвай, метробус, городская железная дорога) с акцентом на использование электротранспорта. Принципы смешанного использования территорий должны также максимально учитываться при размещении объектов социально-бытового, торгового и культурного назначения, строительстве деловых центров. В этой ситуации в полной мере могут реализовываться меры и решения 2-го и 3-го уровней изложенной выше концепции «И-С-У».

Для **вновь проектируемых или перепроектируемых городов или городских районов** необходима реализация принципов застройки, изложенных выше. В этом случае оптимизация транспортного спроса будет осуществляться за счет сокращения избыточной мобильности, сближения точек образования и поглощения транспортного спроса и реализации принципов городского планирования в формате «смешанного использования» территорий. В этой ситуации в полной мере могут реализовываться меры и решения 1-го, 2-го и 3-го уровней концепции «И-С-У».

Многоплановость задачи создания «удобных для жизни» городов определяет приоритетность разработки стратегических документов планирования, ориентированных в первую очередь на повышение качества жизни населения, обеспечение доступности различных материальных и духовных благ, социальных услуг, доступности рабочих мест и контактов с другими людьми. В части работы транспорта подготовка этих рабочих документов, необходимых для обеспечения устойчивого развития транспортной системы, позволяет за счет нахождения баланса транспортных и градостро-

ительных решений улучшать транспортную доступность, поддерживать быстрый и комфортный общественный транспорт, повышать безопасность дорожного движения и снижать негативное воздействие транспорта на окружающую среду и здоровье населения.

Правильное формулирование существующих проблем и целей в области обеспечения устойчивости городских транспортных систем позволяет перейти к выбору соответствующих инструментов транспортной политики. Эти инструменты могут быть использованы в рамках транспортной стратегии и стратегии комплексного землепользования для решения вышеупомянутых проблем, а также для принятия пакетов надлежащих мер.

Анализ указывает на возможность использования различных политических инструментов и практических мер, которые можно сгруппировать в 6 блоков:

- мероприятия в сфере землепользования;
- развитие транспортной инфраструктуры;
- управление перевозками и дорожным движением;
- информационное обеспечение;
- меры по изменению транспортного поведения населения;
- ценовая политика.

Для центральных частей городов, где застройка уже сформировалась и где мало возможностей для ее реконструкции в целях изменения схем землепользования, а новое строительство, как правило, направлено на создание отдельных коммерческих объектов или на точечную (часто элитную) застройку, эффективность различных инструментов градостроительной и транспортной политик в зависимости от выбранных целей представлена в таблице 4.8 (эта и последующие таблицы даны по материалам [64, 182], подготовленных группой экспертов во главе с проф. А. Мэйем).

Таблица 4.8

Влияние политических инструментов в центрах городов

Цель \ Инструмент	Эффективность	Экология	Благоприятные для жизни условия	Безопасность	Справедливость	Экономика	Будущие поколения
Землепользование	√	√	√√			√√√	√√√
Инфраструктура	√√	√√√	√√	√√		√√√	√
Управление	√√√	√√√	√√√	√√√	√√√	√	√√
Информация	√√√	√		√	√		√

Цель \ Инструмент	Эффектив- ность	Экология	Благопри- ятные для жизни условия	Безопасность	Справедли- вость	Экономика	Будущие поколения
Психологические установки	√	√√	√	√			√
Ценовая политика	√√√√	√√√	√	√√	√√	√√	√√√√
√ Незначительное влияние				√√√√ Значительное влияние			

Для условий «спальных районов», где существует значительно больше возможностей для изменения моделей землепользования, нового строительства и реконструкции существующей застройки, эффективность рассматриваемых инструментов в зависимости от выбранных целей представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Влияние политических инструментов в «спальных районах»

Цель \ Инструмент	Эффектив- ность	Экология	Благопри- ятные для жизни условия	Безопасность	Справедли- вость	Экономика	Будущие по- ко- ления
Землепользование	√√	√√	√√√		√	√√√√	√√√√
Инфраструктура	√√√	√√√	√√√	√√√	√√	√√√√	√√
Управление	√√√√	√√√	√√√	√√√√	√√√	√√	√√
Информация	√√√	√√	√	√√	√		√
Психологические установки	√√√	√√	√	√			√
Ценовая политика	√√√√	√√	√	√	√√	√	√
√ Незначительное влияние				√√√√ Значительное влияние			

Для пригородов наиболее актуальны проблемы быстрого роста территорий. В связи с этим, для них в наибольшей степени имеют значение вопросы интеграции транспортного планирования и транспортной политики с политикой в области землепользования и градостроительства. Для этих условий эффективность рассматриваемых инструментов представлена в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Влияние политических инструментов во внешних пригородах

Цель \ Инструмент	Эффективность	Экология	Благоприятные для жизни условия	Безопасность	Справедливость	Экономика	Будущие поколения
Землепользование	√√√√	√√√√	√√√√	√√	√√	√√√	√√√√√
Инфраструктура	√√	√√	√√	√√		√√√	√√
Управление	√√√	√√	√√√	√√	√√√	√√	√√
Информация	√√√	√√	√	√√	√		√√
Психологические установки	√√√√	√√√	√	√			√√
Ценовая политика	√√√	√√	√	√	√√	√	√√√√
√ Незначительное влияние				√√√√ Значительное влияние			

Особый случай представляет ситуация в относительно небольших городах (таблица 4.11).

Таблица 4.11

Влияние политических инструментов в небольших городах

Цель \ Инструмент	Эффективность	Экология	Благоприятные для жизни условия	Безопасность	Справедливость	Экономика	Будущие поколения
Землепользование	√√√√	√√√	√√√	√	√√	√√√	√√√√√
Инфраструктура	√	√	√	√		√√	√
Управление	√√√√	√√√	√√	√√√	√√	√	√√
Информация	√√√	√√	√	√√	√		√
Психологические установки	√√√√	√√√	√	√			√
Ценовая политика	√√	√		√	√		√√√
√ Незначительное влияние				√√√√ Значительное влияние			

4.7.2. Городское планирование и борьба с транспортными заторами

Важным стратегическим принципом политики, направленной на сокращение транспортных заторов, является необходимость устранения некоторых влияющих на их образование факторов и, в частности, устранения тех из них, которые связаны с моделями освоения новых городских территорий и возникновением новых объемов дорожного движения.

Многие городские регионы сталкиваются с проблемой нахождения баланса между ростом их территорий, интенсивным жилищным строительством и последствиями, которые возникают вследствие этого в части транспортного спроса и образования заторов.

В Германии для планирования мер по борьбе с заторами используются подходы, позволяющие административным органам увязывать дорожные проекты с более широкими сферами городского управления, такими как управление мобильностью и планирование землепользования (рисунок 4.14) [183]. Такой подход позволяет административным органам и операторам дорожного движения понять взаимосвязи между мерами разного уровня – общегородскими (городское развитие и планирование землепользования) и локальными (регулирование заторов на дорогах). Более тесная взаимосвязь между городским развитием и планированием землепользования может в некоторой степени уменьшить необходимость реализации политики по управлению заторами на дорогах, так как могут быть устранены факторы, определяющие само их возникновение.

Такие подходы позволяют разработчикам транспортной политики видеть также то, где конкретные стратегии управления заторами согласуются с долгосрочными стратегиями развития инфраструктуры, а также и с краткосрочными стратегиями управления дорожным движением, подпадающими под категорию т. н. «мягких» мер транспортной политики, ориентированных на спрос (в частности, мер, не связанных с развитием инфраструктуры – парковочная политика, платность пользования инфраструктурой и т. д.).

Для того чтобы обеспечить устойчивые результаты в долгосрочной перспективе политика в области борьбы с транспортными заторами должна фокусироваться на координации транспортной политики, городского планирования и экологических целей. Особое внимание следует уделять решению проблем, связанных с формированием поездок и их регулированием с помощью инструментов городского планирования. Землепользование может влиять на расположение объектов, генерирующих поездки, и на характер деятельности этих объектов. Таким образом, воздействие на транспортный спрос населения с помощью городского планирования может способствовать сокращению объемов дорожного движения и смягчению проблемы транспортных заторов.

Планирование землепользования включает управление развитием территории – например, регулирование местоположения, плотности, качества и темпов застройки. С другой стороны, транспортная политика направлена на регулирование существующих и перспективных объемов дорожного движения и объемов перевозок общественным пассажирским транспортом, которые возникают и будут возникать в результате изменений в видах и объемах деятельности, генерирующей поездки, которые сами по себе также связаны с решениями в области землепользования. Таким образом, для того чтобы политика органов власти была направлена на устранение факторов, влияющих на увеличение объемов дорожного движения в городе, городской агломерации и регионе, необходимо интегрировать процесс организации дорожного движения с процессом планирования землепользования и развития системы пассажирского транспорта общего пользования.

Планы и мероприятия более высокого уровня, а также планы соседних регионов или городов



Рис. 4.14. Немецкие классификационные основы для мер по уменьшению заторов

Стратегии землепользования охватывают также градостроительное планирование и проектирование. Однако важно отметить, что «предпочтения» в отношении моделей градостроительного планирования могут варьироваться в зависимости от региона. Важно учитывать различные основополагающие факторы, которые могут обуславливать преобладание той или иной

модели городского развития. Воздействие на эти факторы может выходить за рамки компетенции транспортных органов, однако их влияние на работу транспортной системы может быть значительным и во многих случаях может в значительной мере определять результаты комбинированной политики в области транспорта и землепользования. Эти факторы могут включать в себя налоговую политику, направленную на облегчение владения недвижимостью, стоимость поездок на работу или даже порядок исчисления налогов на имущество. Что касается последнего, то помимо общей теории, уже существуют конкретные примеры того, что изменение схемы налогообложения собственности (когда налогом облагается не здание, а стоимость земли, на которой оно расположено) способствует более плотным и компактным схемам расселения, что в определенных обстоятельствах может привести к уменьшению заторов (см. вставку ниже) [3].

Налогообложение земельной собственности. Примеры зарубежной практики.

Налог на стоимость земельной собственности (известный за рубежом также как налог на льготы по местоположению) может использоваться вместо обычных местных налогов на недвижимость (ставки на жилые и коммерческие помещения, а также налоги на развитие). Он был очень успешно использован при реструктуризации развития г. Гаррисберга в штате Пенсильвания (США), данный тип налогообложения используется также в Дании для финансирования расходов местных органов власти. Налог на стоимость земельной собственности (НСЗ) использует ежегодную оценку стоимости земли (а не зданий) для определения налога, который должен ежегодно уплачиваться владельцами земли за инфраструктуру и другие услуги, такие как канализация, сбор мусора, общественный транспорт и т. д. Стоимость городских земель в значительной степени определяется доступом к этим общественным благам.

Например, стоимость земли, на которой расположено офисное здание, может вырасти в несколько раз при открытии поблизости новой станции метро. В соответствии с традиционными моделями налогообложения и финансирования общественного транспорта владельцы зданий на таких землях получают большие непредвиденные денежные доходы, в то время как инвестиции в финансирование развития общественного транспорта (городская железная дорога, метро, трамвай и т. д.) всегда трудно найти. НСЗ может использоваться для того, чтобы бенефициары могли оплачивать такие виды инвестиций. Результатом является увеличение и улучшение предложения общественного транспорта и замена новым более эффективным налогом традиционных налогов, которые не содействуют развитию местной экономики.

В отличие от налогов на застройку территорий такая система способствует, а не препятствует перепланировке городских объектов. Она поощряет застройку территорий там, где уже существует общественная инфраструктура (в том числе транспортная), в отличие от поощрения разрастания городских территорий за счет неиспользовавшихся ранее территорий, которые городские власти затем обязаны обслуживать, и она действует как мощный стимул для приведения таких заброшенных земельных участков к продуктивному использованию, поскольку налог должен уплачиваться за то, для чего используется земля.

Источник: ЕКМТ (2007b), Сокращение транспортных выбросов CO₂: Каков прогресс? с. 81.

Во многих случаях граждане желают жить в городах, характеризующихся плотной застройкой и смешанным землепользованием – с работой, жильем и досугом, объединенными в пределах одних и тех же районов. Реализация мер по «успокоению» дорожного движения, а также создание зон, «дружественных» по отношению к транспорту общего пользования, велосипедистам и пешеходам, поддерживает такой тип застройки. Основной целью создания подобных зон является поощрение использования альтернативных видов транспорта, расширение использования общественного транспорта, сокращение пробега легковых автомобилей и улучшение качества атмосферного воздуха. Такой подход поддерживает мобильность, но на более коротких расстояниях и с использованием различных видов транспорта. В этих районах планируемое городское развитие приводит к застройке или обслуживанию густонаселенных жилых районов, которые имеют существенно более низкие потребности в передвижении [3].

Другим примером увязки землепользования и градостроительства с транспортным планированием и мерами по разгрузке улично-дорожных сетей является развитие городских территорий вблизи станций общественного транспорта (ж/д, метрополитена, легкорельсового скоростного транспорта, трамвая и др.). При этом использованию пассажирского транспорта общего пользования уделяется повышенное внимание, что отражается в принципах городского транспортного планирования. Такой подход может распространяться и на концепции регионального развития (например, развитие жилой застройки вблизи железнодорожной станции с региональными связями).

Несмотря на важность увязки политики в области землепользования с политикой в области транспорта, разработка и осуществление подобной комплексной политики зачастую сопряжено с трудностями, поскольку, как отмечалось выше, требует в долгосрочной перспективе эффективной межведомственной координации и соответствующего нормативного правового регулирования.

Примеры передовой практики планирования землепользования в Германии и Великобритании.

В Мюнхене (Германия) проект ISAR SUD был связан с преобразованием зданий производственных предприятий с прилегающими постройками и участком в городскую зону, объединяющую места работы, проживания и отдыха. Хотя проект в основном направлен на повышение качества жизни людей, живущих и работающих в этом районе, он также сократил количество поездок в городе в целом. Существующая промышленная зона является одним из основных привлекающих поездки факторов на юге Мюнхена, и за счет реализации проекта ISAR SUD спрос на дорожное движение и заторы могут быть уменьшены.

Второй пример связан с реконструкцией территории бывшего аэропорта Munich Riem в 2013 г. (рисунок П.1, см. цветную вклейку) [184]. Строительство нового района Munich Riem представляло один из крупнейших градостроительных проектов Европы. 13 000 жителей и около 13 000 рабочих мест создают экономические условия для развития этого нового района, который расположен всего в семи километрах от центра Мюнхена. Сочетание условий для жизни, работы и образования с необходимой инфраструктурой и обширной зеленой зоной были созданы усилиями Администрации г. Мюнхена и многими привлеченными экспертами как результат долгосрочного планирования развития данной территории [184].

В Великобритании действует общая практика в области планирования землепользования, связанная с тем, что фирма, которая желает занять новое офисное здание, может это сделать, если она принимает для себя «зеленый транспортный план». Такой план предусматривает меры, которые должны быть приняты будущим арендатором/владельцем для сокращения использования автомобилей (например, путем ограничения количества парковочных мест для сотрудников, обеспечения организации автобусных остановок и организации совместного проезда сотрудников).

Планирование землепользования может дать наибольший эффект при рассмотрении объектов новой застройки. Если такое планирование применяется последовательно, оно может работать на сокращение спроса на поездки и в условиях существующей застройки населенных пунктов. В дополнение к сокращению спроса на поездки, правильное планирование часто связано с совершенствованием городского дизайнера и реализацией концепции «городов, пригодных для жизни».

В то же время поощрение более активного развития густонаселенных городских районов и меньший акцент на развитие сельских или пригородных районов будет приводить к тому, что, хотя жители плотных городских кварталов будут перемещаться на более короткие расстояния и с меньшей

вероятностью совершать поездки на автомобиле, те поездки на автомобилях, которые все еще будут совершать эти жители густонаселенных районов, будут происходить в более перегруженных условиях. Поэтому совсем не обязательно, что создание за счет правильного планирования землепользования поселений с более высокой плотностью населения само по себе уменьшит заторы.

Следует отметить также, что более высокая плотность застройки, как правило, приводит к тому, что размер и качество находящейся в собственности жителей площади квартир снижается (меньше комнат, меньше их площадь, меньше площадь мест общего пользования, отсутствует гараж и т. д.). Политика планирования землепользования, которая не стимулирует застройщиков строить **во внешних пригородах** новые дома с высоким качеством квартир и создавать объекты социальной инфраструктуры, а направлена на застройку территорий ближе к городскому центру менее качественным и менее просторным жильем с более высокой плотностью жителей, но и более высокой ценой квадратного метра площади, является политикой, которая ставит воспринимаемое общественное благо выше частной выгоды. Такую политику, как правило, трудно сделать эффективной. Как отмечено в [185], для того чтобы нивелировать эти проблемы и сделать подобную политику более приемлемой для жителей городов, требуется увеличить расходы городских бюджетов на обеспечение высококачественных объектов общего пользования (таких как парки и скверы, искусственные водные пространства) и высококачественной социальной инфраструктуры в центральных и примыкающих к ним частях городов, чтобы восполнить для жителей их отсутствие или недостаточное количество/качество.

4.7.3. Анализ городской территориально-транспортной политики в Российской Федерации на федеральном, региональном и местном уровнях¹⁸

4.7.3.1. Проблемы обеспечения качества городской среды в городах Российской Федерации

Городские районы, как правило, являются довольно эффективными, и эта эффективность связана с тем, что люди имеют более легкий доступ к другим людям, услугам, рабочим местам, а предприятия – более легкий доступ к значительным трудовым ресурсам, состоящим из широкого кру-

¹⁸ При написании разделов 4.7.2 и 4.7.3 использованы материалы монографии В.В. Донченко, А.С. Баранов, Д.М. Немчинов, А.С. Поляков «Городское планирование и транспортное поведение», М., 2022

га квалифицированных специалистов и рабочих, доступ к обширному и разнообразному набору производственных ресурсов и к большому рынку товаров и услуг. В географии городов¹⁹ подчеркивается роль транспортных заторов как негативной обратной связи, которая может способствовать уменьшению выгод агломерации и вынуждать некоторые виды деятельности перемещаться за пределы чрезмерно перегруженных районов, особенно на периферию перегруженных городских центров. Компании должны найти компромисс между положительными экономическими эффектами работы в условиях крупного города/городской агломерации, связанными с масштабом их конкретных ключевых компетенций, и отрицательными транспортными расходами, вызванными необходимостью осуществлять деятельность в условиях перегруженных улично-дорожных сетей.

Как было отмечено выше, качество и разнообразие городской среды определяет уровень мобильности населения. Чем более доступны населению различные объекты производственной и общественно-деловой инфраструктуры, тем меньше потребность людей в поездках, меньше транспортная мобильность. Это подтверждают результаты опросов. В настоящее время уровень качества жизни населения в городах и качества городской застройки оценивается в Российской Федерации по индексу качества городской среды. В 2019 году утверждено Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды» [186]. Данная Методика позволяет рассчитывать указанный индекс, учитывая такие факторы, как безопасность передвижения пешком по улицам, загруженность улично-дорожной сети, разнообразие услуг в шаговой доступности. Согласно отчёту Минстроя России по итогам 2020 года, достигнуть нужной отметки данного индекса для признания городской среды благоприятной смогли 375 российских городов, что на 18 больше, чем планировалось достигнуть по плану Федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» [187].

Однако в целом в области обеспечения **качества городской среды** в Российской Федерации сохраняются следующие проблемы:

- к 2030 году в соответствии с Указом Президента «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» в городах России необходимо обеспечить ежегодный ввод в эксплуатацию 120 млн кв. м жилья. Целевые показатели качества планируемой застройки предложены в проекте Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, вынесенном на общественное обсуждение [188]. Однако в указанном документе не все задачи и мероприятия, направленные на достижение установленных целевых показателей качества планируемой застройки, **подкреплены планами конкретных действий. Вопросы баланса застройки и**

¹⁹ Раздел географии, основанный на изучении городов и городских процессов

транспорта, пространственного развития территорий и плотности населения/рабочих мест учитываются чисто декларативно, без наличия соответствующих механизмов их реального обеспечения;

- в настоящее время застройка территорий во многих случаях приобретает приоритет перед обеспечением транспортного обслуживания населения и экономики. Существующие проблемы при принятии градостроительных решений определяются в первую очередь:

- недостатком квалифицированных кадров;
- недостаточностью нормативных и методических документов и отсутствием у них юридически значимого статуса;
- большим влиянием строительного бизнеса на принятие решений на местном уровне, что не всегда соответствует интересам населения и городской экономики в целом;
- нарушениями, допускаемыми на местном уровне при выдаче решений на застройку и согласовании проектов застройки;
- формированием городских бюджетов с учетом доходов, получаемых от экономической деятельности по застройке территории (если строительная отрасль для региона является бюджетообразующей, то процесс строительства может стать важнее недостатков и убыточности дальнейшей эксплуатации застройки);

- отсутствием индикаторов, которые могли бы позволить оценить эффективность градостроительной политики. Система мониторинга доступности и мобильности, как инструмента обеспечения качества городской среды и транспортного обслуживания населения, в Российской Федерации пока отсутствует. Хотя первые пилотные проекты в этой сфере в настоящее время разрабатываются. В качестве примера можно привести проект «Стратегии развития транспортной системы города Москвы и Московской области на период до 2035 года», в котором предложен комплекс индикаторов по оценке транспортного обслуживания населения и доступности целей передвижений;

- недостаточным использованием современных градостроительных подходов, что порождает проблемы, в том числе транспортные. За счет использования новых строительных технологий, застройщики воспроизводят модели и принципы «советской» индустрии массовой застройки в многоэтажном исполнении и с закреплёнными в советское время и при советском уровне автомобилизации нормативами плотности улично-дорожной сети²⁰. Это приводит к критическому диссонансу между потребностями населения и тем качеством жизни, который могут дать российские города. Больше

²⁰ Уровень автомобилизации в Советском Союзе на момент его распада (1991 г.) составлял 60 легковых автомобилей на 1 000 жителей. В градостроительные нормативы закладывался перспективный (на 30 лет) уровень автомобилизации 150 – 180 легковых автомобилей на 1 000 жителей

половины жителей городов хотели бы жить в пешеходной доступности от мест работы (такое пожелание, согласно результатам опроса, высказывают 58% опрошенных жителей). Согласно данным опроса ВЦИОМ [189] около 59% граждан, живущих в квартирах, хотят переехать в частные дома.

4.7.3.2. Качество городской среды и проблемы монофункциональной жилой застройки [190, 191]

Во многих российских городах низкое качество городской среды связано с отсутствием достаточной доступности объектов производственной и общественно-деловой инфраструктуры. В абсолютном большинстве периферийных районов массовой жилой застройки отсутствуют в достаточном количестве места приложения труда, в том числе офисы и малые производства. Доля таких объектов, в которых размещаются рабочие места, в районах периферийной массовой застройки не превышает 1%. 64% жителей России сталкиваются с нехваткой объектов общественно-деловой инфраструктуры **в пешеходной доступности** от дома (торговля и услуги, отдых, культура и досуг, спорт, образование, здравоохранение, офисы и малые производства). Исследования также показывают, что для 70% территорий жилых районов в городах характерна низкая обеспеченность объектами торговой и культурно-досуговой инфраструктуры. Доля таких объектов в 10-минутной доступности от жилых домов составляет около 9–11% от общей площади застройки (при европейских нормах в 40%). Только в исторических центрах городов (а это только 8 % городских территорий и 5% жилищного фонда страны!) такие объекты присутствуют на уровне, необходимом для обеспечения высокого качества жизни жителей. Более того, 43% жителей городов России оценивают **уровень разнообразия объектов торговли и услуг в пешеходной доступности от дома как недостаточный**. При этом 26% общего объема транспортных перемещений по данным обследований составляют поездки за покупками. 31% россиян отмечает, что рядом с их домом нет тех досуговых и культурных объектов, которые им хотелось бы периодически или регулярно посещать. Следует отметить также, что строительство жилых кварталов без достаточного количества рабочих мест за счёт особенностей распределения налогов в Российской Федерации во многих случаях делает содержание социальной инфраструктуры в жилых кварталах убыточным.

Монофункциональная жилая застройка больших территорий провоцирует рост числа и протяженности поездок жителей в центр и другие районы города.

Застройка земельных участков с обеспечением нескольких видов функционального использования определяется в каждом городе утвержденными

Правилами землепользования и застройки (например, в Москве – Постановление Правительства Москвы от 28.03.2017 № 120-ПП «Об утверждении правил землепользования и застройки города Москвы»). Создание многофункциональной застройки и смешанное землепользование, предусматривающее два или более основных вида использования территорий, является распространённой практикой, например, в г. Москве **при реорганизации территорий города, ранее используемых как промышленные или коммунальные**. Идея смешанной (многофункциональной) застройки была заложена также при подготовке документов территориального планирования территорий, присоединённых к г. Москве в 2012 году [192, 193]. В то же время, хотя Правила землепользования и застройки устанавливают, что конкретный земельный участок **может** использоваться для нескольких основных видов разрешенного использования, это положение **не имеет строгого и обязательного характера**. На рисунке 4.15 (см. цветную вклейку) представлены некоторые данные об обеспечении жилых районов г. Москвы магазинами и аптеками в шаговой доступности в сопоставлении с плотностью жителей, показывающие существенную неравномерность в обслуживании населения данными видами услуг (что, несомненно, способствует росту транспортного спроса).

4.7.3.3. Проблемы, связанные с ошибками градостроительного проектирования [190]

Одна из часто допускаемых ошибок в градостроительном проектировании – это выбор неверного масштаба городской среды. Согласно [190], российские градостроительные нормативы допускают размеры жилых кварталов до 60 гектаров, в то время как во всем мире городская территория разбивается, как правило, на небольшие кварталы площадью до 4 – 5 гектаров. Укрупненная планировочная структура не позволяет создать разнообразную жилую застройку, делает открытые пространства некомфортными для пребывания людей, не позволяет территориям города сбалансированно развиваться в будущем. Она не обеспечивает также достаточных возможностей развития местной сети улиц (межквартальных проездов)²¹. Внутриквартальные проезды становятся слишком длинными, фактически они выполняют функции местных улиц, но без соответствующего обустройства средствами организации дорожного движения. Хаотичная парковка и высокие для внутриквартальных проездов скорости движения могут приводить

²¹ Низкая по сравнению с другими европейскими городами плотность улично-дорожной сети российских городов во многом связана с недостаточным развитием именно местной сети, хотя зачастую она выступает аргументом властей для развития сети городских автомагистралей как «средства борьбы с транспортными заторами»

к ДТП. Это делает территорию внутри микрорайонов небезопасной.

В российских городах высота **жилых домов** сегодня может достигать 28-50 этажей. Такие высокие дома в соответствии с действующими нормами следует размещать далеко друг от друга из-за нормируемых отступов и для того, чтобы сохранить условия инсоляции (доступа солнечного света). Ширина дворов может при этом превышать 100 метров, что может делать их некомфортными для человека. Согласно существующим **рекомендациям**, высота застройки не должна превышать ширину улиц, а дворы по ширине должны быть больше или равны высоте окружающих домов. Эти параметры обусловлены дистанциями, на которых человек способен различать происходящие события, лица, речь. Однако на практике эти рекомендации сплошь и рядом нарушаются **вследствие их необязательного характера, а также заинтересованности девелоперов в максимально эффективном использовании выделенных земельных участков.**

Из-за значительного размера монофункциональных кварталов возрастает нагрузка улично-дорожной сети, и улицы вследствие этого не могут стать полноценными общественными пространствами, где жители могли бы гулять, встречаться и общаться друг с другом, заходить в магазины, кафе и т. д. В таких больших кварталах растущее число личных автомобилей паркуется не вдоль частой сетки улиц, а во дворах, вдоль проездов ко входам в жилые дома.

Перегруженность улично-дорожных сетей в российских городах (например, Иркутск, Саратов и др.) во многом обусловлена также отсутствием четкого функционального разделения улиц (разделение на магистрали непрерывного движения, улицы с регулируемым движением, местная сеть). Согласно статистике, приведённой в [194], как правило, городские магистрали при их протяжённости не более 7-10% от общей протяжённости улично-дорожной сети обеспечивают выполнение более 60% транспортной работы.

Это позволяет перераспределять транспортные потоки с городских улиц на магистрали непрерывного движения, изолированные от пешеходов, и за счёт непрерывного (бессветофорного) режима движения обеспечить более высокую скорость передвижения при меньшем негативном воздействии на окружающую среду и меньшем риске для жизни и здоровья пешеходов. В российских городах основная нагрузка падает на уличную сеть с регулируемым движением и перекрестками в одном уровне, часто спроектированными еще в советское время без учета современного транспортного спроса (исходя из максимального уровня автомобилизации 90 авт./1 000 жителей).

4.7.3.4. Проблема «расползания» городов

Сейчас от 60 до 90% нового жилищного строительства в крупных городах России ведется на свободных участках размером от 30 до 130 га, находящихся за пределами территорий сложившейся застройки. Это требует, с одной стороны, большей протяженности новых дорог и инженерных сетей, большего количества новых учреждений образования и здравоохранения, объектов торговой инфраструктуры, чем при строительстве на более компактных участках в границах уже сложившейся застройки. С другой стороны, уже сложившаяся плотная застройка на большой территории затрудняет связь новых районов с центрами деловой активности и местами концентрации наиболее востребованных рабочих мест. Как следствие всего этого, растет дополнительный спрос на поездки [190].

Строительство на новых территориях требует не только увеличения протяженности улично-дорожной сети, но и реконструкции существующих объектов транспортной инфраструктуры, соединяющих новые районы жилой застройки с центрами деловой активности. Нужно отметить, что издержки на строительство и содержание растянутых коммунальных и инженерных коммуникаций включаются в стоимость нового жилья и в расходные статьи муниципальных бюджетов.

Задача **ограничения роста территорий городов** сегодня в Российской Федерации **не ставится**, действуют только косвенные механизмы регулирования, например, установление административных границ субъектов Российской Федерации, к которым относятся гг. Москва и Санкт-Петербург.

Действенных механизмов регулирования массовой застройки примыкающих к городам территорий сейчас нет. Примером застройки, приведшей к разрастанию территории г. Санкт-Петербурга, может являться массовая застройка территорий Ленинградской области вдоль административных границ Санкт-Петербурга: Кудрово, Янино, Девяткино, Мурино, Бутры.

4.7.3.5. Проблемы реновации и уплотнения застройки

В настоящее время в Российской Федерации определен в законодательстве и начинает реализовываться в практике градостроительного развития проект реновации территории городов: в городах осуществляется жилая, производственная и общественная застройка в рамках проектов комплексного развития территорий: а) на площадках реорганизуемых промышленных зон; б) в ходе реновации жилых кварталов с малой этажностью застройки, построенных в первую очередь в 1950-1960-х гг. Уплотнение застройки и увеличение плотности населения происходит в срединной части

городов, где, как правило, расположены кварталы пятиэтажных многоквартирных домов, что создаёт дополнительную нагрузку на существующую транспортную инфраструктуру, созданную в советское время под невысокую плотность застройки.

В настоящее время в российском законодательстве и системе технического регулирования в строительстве отсутствуют механизмы ограничения плотности застройки и обеспечения ее многофункционального характера.

В части **плотности** застройки, показатель предельной плотности населения жилых микрорайонов в 450 чел./га (пункт 7.6 Свода правил СП 42.13330.2016 [195]) **имеет добровольное применение**, что является предпосылкой неограниченного наращивания плотности застройки, в том числе на периферии городов, и генерации на рассматриваемых территориях дополнительного транспортного спроса.

Тенденции в изменении плотности городского населения в районах новой застройки в Москве (в чел./гектар) за период с 60-х годов прошлого века по 20-е годы нынешнего века показаны на рисунке 4.16 и в таблице 4.12 [196]. Аналогичная модель уплотнительной застройки реализуется в г. Санкт-Петербурге и (пока в существенно меньших масштабах) в других крупных городах.

Плотность населения жилой застройки

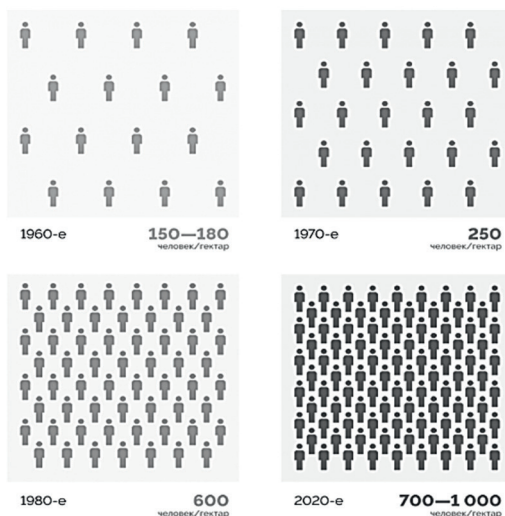


Рис. 4.16. Тенденции в изменении плотности городского населения в районах новой застройки в Москве

Таблица 4.12

**Тенденции в изменении плотности городского населения в районах
новой застройки в Москве**

Годы застройки	Этажность застройки (типовая)	Максимальная плотность населения, чел./га	
		При застройке (по нормативам)	В настоящее время (реально)
1960-е	5-эт. дома	до 250	до 180 (150 в регионах)
1970-е	9 – 12 эт. дома	до 310 – 320	до 250 (до 450 – 500 для кварталов, представленных только жильем)
Конец 1980-х – 90-е	17 эт. дома	до 600	Возможно до 500 – 550
2000-н/вр (реновация)	До 30 эт.	до 700 – 1 000	

Как отмечено в [196], правила уплотнительной застройки (в том числе в рамках программ реновации) должны носить существенно более строгий характер и принимать во внимание следующее:

- различные территории требуют различных подходов к уплотнению застройки. Аксиомой городского планирования в мировой практике является снижение плотности застройки от центра к городским окраинам. Исходя из этого, общим правилом является допустимость (и даже желательность) более высокой плотности населения в центральной части городов и в районах транспортных узлов, что позволит обеспечить для населения более высокую доступность мест притяжения при использовании возможностей массового ОПТ. Окраины городов предпочтительно застраивать малоэтажным жильем (в том числе частными домами и таунхаусами в противовес студиям и многоквартирным домам в центре) с обеспечением жителей необходимой для них социальной инфраструктурой, с созданием зеленых и водных пространств;

- уплотнение жилой застройки должно предусматривать создание более плотной УДС за счет развития улиц местного значения и внутриквартальных проездов, а также пересмотр маршрутов и схем организации работы ОПТ;

- уплотнение жилой застройки должно сопровождаться развитием необходимого парковочного пространства, в частности строительством многоэтажных надземных и подземных стоянок;

- уплотнительная застройка должна сопровождаться размещением в любых новых или реконструируемых районах дополнительных рабочих

мест, необходимого количества дополнительных объектов социальной, торговой, культурно-бытовой инфраструктуры, что позволит лишить их статуса чисто «спальных» и сократит число и протяженность поездок, совершаемых жителями.

В части обеспечения **смешанного характера** застройки Правила землепользования и застройки сейчас устанавливают, что один участок **может** использоваться для нескольких основных видов разрешенного использования (т. е. это положение **не имеет обязательного характера**, в связи с чем оно зачастую игнорируется девелоперами).

4.7.3.6. Отсутствие механизмов обеспечения «подключения» новой застройки к транспортной инфраструктуре

Присоединение застройки к улично-дорожной сети сейчас в какой-то мере регламентируется Сводом правил [195]. Однако соответствующие пункты данного документа **не являются обязательными** для применения в целях соблюдения требований федерального законодательства [197]. Кроме этого, они практически **не устанавливают** каких-либо требований к параметрам строящихся объектов исходя из существующей пропускной способности улично-дорожной сети.

Таким образом, формирование механизмов связи новой застройки с транспортной инфраструктурой, определение критериев допустимости присоединения строящихся объектов к существующей улично-дорожной сети в настоящее время отсутствуют. В этих условиях во многих случаях градостроительные решения принимаются с учётом краткосрочных интересов строительного бизнеса. Затем городским властям приходится решать проблемы с транспортными заторами.

4.7.3.7. Недостаточность правовых основ реализации градостроительной политики, отсутствие эффективных механизмов взаимодействия с девелоперами и контроля их деятельности

В городах Российской Федерации места для строительства транспортных объектов и объектов жилищного строительства определяются на этапе подготовки документов территориального планирования (генерального плана города). При этом определяется транспортный каркас улиц городского, районного и местного значения, а также линии внеуличного транспорта. Формируются границы элементов планировочной структуры (микрорайонов, кварталов) в виде т. н. «красных линий» для резервирования территории с целью создания новых или реконструкции существующих элементов

улично-дорожной сети, решения имущественно-правовых вопросов. Готовится и утверждается документация по планировке с целью размещения линейных объектов (объектов транспортной инфраструктуры) регионального значения.

При проверке документации территориального планирования рассматривается соблюдение нормативных требований максимальной доступности для населения вновь вводимой жилой застройки мест остановки общественного транспорта на прилегающих улицах.

Серьезной градостроительной проблемой российских городов является **статус правовых основ** градостроительной деятельности и качество подготовки ее основных документов. Согласно **Градостроительному кодексу Российской Федерации** [198], для управления землепользованием в городах используются два документа: Генеральный план и Правила землепользования и застройки. Содержание документов территориального планирования определено нормами Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Генеральный план содержит:

- 1) положение о территориальном планировании;
- 2) карту планируемого размещения объектов местного значения поселения или городского округа;
- 3) карту границ населенных пунктов (в том числе границ образуемых населенных пунктов), входящих в состав поселения или городского округа;
- 4) карту функциональных зон поселения или городского округа.

К Генеральному плану прилагается **обоснование** выбранного варианта размещения объектов местного значения поселения, городского округа на основе анализа использования территорий поселения, городского округа, а также возможных направлений развития этих территорий и прогнозируемых ограничений их использования.

Однако такое обоснование может быть **разной степени проработки**. Качество обоснования и возможность его использования при подготовке материалов генерального плана, материалов пространственного планирования, градостроительного и транспортного моделирования определяется наличием в городе квалифицированных специалистов в этой области, которых пока очень мало.

Правила землепользования и застройки включают в себя:

- 1) порядок их применения и внесения изменений в указанные правила;
- 2) карту градостроительного зонирования;
- 3) градостроительные регламенты.

В **градостроительном регламенте** в отношении земельных участков и объектов капитального строительства, расположенных в пределах соответствующей территориальной зоны, указываются:

- 1) **виды разрешенного использования** земельных участков и объектов

капитального строительства;

2) **предельные** (минимальные и (или) максимальные) **размеры земельных участков** и предельные **параметры разрешенного строительства**, реконструкции объектов капитального строительства (в частности, Правила землепользования и застройки регламентируют **высотность застройки**);

3) ограничения на использование земельных участков и объектов капитального строительства, устанавливаемые в соответствии с законодательством РФ;

4) расчетные показатели **минимально допустимого** уровня обеспеченности территории объектами коммунальной, транспортной, социальной инфраструктур и расчетные показатели максимально допустимого уровня территориальной доступности указанных объектов для населения в случае, если в границах территориальной зоны, применительно к которой устанавливается градостроительный регламент, предусматривается осуществление деятельности по комплексному развитию территории.

Согласно Правилам землепользования и застройки установленные виды разрешенного использования земельных участков и объектов капитального строительства включают основные, условно разрешённые и вспомогательные.

Градостроительные регламенты устанавливаются с учетом фактического использования земельных участков и объектов капитального строительства в границах территориальной зоны, видов территориальных зон, возможности сочетания в пределах одной территориальной зоны различных видов существующего и планируемого использования земельных участков и объектов капитального строительства. Это позволяет иметь **смешанное функциональное назначение застройки** в рамках территориальных зон, если ограничения совместного использования не наложены требованиями технических регламентов, санитарных и нормативно-технических документов.

Однако на практике, как отмечено в [199], **фактическое использование земельного участка в российских городах во многих случаях определяется его коммерческой эффективностью для девелопера или владельца участка.** В случае наличия нескольких видов разрешённого использования земельного участка, но ожидания наибольшей прибыли от продажи жилья, девелопер будет фактически развивать только жилую застройку, **т. к. соотношение видов разрешённого использования нормативно не устанавливается, и владелец участка может выбирать тот вид использования, который считает наиболее рентабельным для себя.**

Во многих случаях местные органы власти недостаточно воздействуют на застройщиков с тем, чтобы избежать генерации дополнительного спроса на поездки на личном автотранспорте, потенциально

ухудшающего ситуацию с количеством машин на дорогах.

Внесение изменений в Правила землепользования и застройки, согласно части 1 статьи 32 Градостроительного кодекса РФ, осуществляется решением представительного органа местного самоуправления или, если это предусмотрено законодательством субъекта РФ о градостроительной деятельности, местной администрацией.

На местном уровне девелоперы имеют, как правило, большое влияние на принятие решений, в связи с чем на практике возможна корректировка Правил землепользования и застройки по их запросам. Передача полномочий местных властей в части градостроительства на региональный уровень не улучшает ситуацию. Зачастую региональные чиновники не имеют времени, возможностей и достаточной компетенции для оценки потребностей населения на местном уровне, ему проще довериться решению муниципалитета.

Порядок подготовки документов, обеспечивающих увязку проектируемой застройки с транспортной системой города, определяется локальными нормативными актами. Такое положение, установленное федеральным законодательством, зачастую приводит к приоритету градостроительного развития территории, задач уплотнения застройки над обеспечением транспортного обслуживания населения. В свою очередь, слишком высокая плотность жилой застройки способствует возникновению системных заторов на УДС. Даже внутри одного публично-правового образования решения вопросов территориального и транспортного развития не всегда могут приниматься скоординировано.

Отсутствие координации и системности решений в сфере территориального и транспортного развития, как правило, имеет результатом отставание в развитии транспортной системы от градостроительного развития территории, монофункциональность развития территорий в форме плотной жилой застройки. Система мониторинга доступности и мобильности, как инструмента обеспечения качества городского планирования и транспортного обслуживания городского населения, в РФ пока отсутствует.

Исходя из изложенного выше, можно утверждать, что решение задач повышения качества городской среды, снижение негативных последствий транспортной деятельности и обеспечение устойчивости городской мобильности требуют переориентации **планирования развития городов в РФ на практическую реализацию многофункциональной, компактной и плотной застройки.** Градостроительное и транспортное планирование должны быть взаимоувязаны и основаны на стратегических целях социально-экономического развития городов и городских агломераций.

4.7.4. Концептуальные, методические и организационные основы территориального и транспортного планирования в Российской Федерации. Состояние и существующие проблемы

В настоящее время в российской градостроительной практике нет устоявшихся подходов к пониманию целей, задач, ключевых особенностей и структуры градостроительных концепций, что обуславливает ряд существенных трудностей, возникающих при попытке их выявления, обобщения и оценки их реального влияния на устойчивое развитие городов²². В 2019 году Министерство строительства Российской Федерации, акционерное общество «ДОМ.РФ» (финансовый институт развития в жилищной сфере) и консалтинговая компания КБ «Стрелка» по поручению Председателя Правительства России разработали Стандарт комплексного развития территорий [190, 191]. В разработку Стандарта были вовлечены более 200 экспертов из 14 стран. Стандарт состоит из 6 книг и 4 каталогов, которые представляют комплексную базу инструментов, необходимых для формирования и преобразования территорий жилой и многофункциональной застройки. Данный документ должен лечь в основу совершенствования всей нормативной правовой базы в области градостроительного регулирования и архитектурного проектирования. **В настоящий момент положения документа не носят обязательного характера и являются, по сути, методическими рекомендациями по развитию застроенных территорий и освоению новых.** Часть нормируемых параметров (около 300) предполагается включить в своды правил и стандарты. Отдельные положения Стандарта регионы **могут** включать в правила благоустройства и правила землепользования и застройки. Документ должен стать инструментом повышения качества городской среды и перехода российских городов к современным моделям развития. Документ также должен помочь градостроителям повысить качество и эффективность процессов застройки, восстановления и благоустройства территорий и лечь в основу усовершенствования нормативной правовой базы в области градостроительного регулирования и архитектурного проектирования.

Основными направлениями применения Стандарта являются:

- освоение под жилищное строительство свободных городских территорий;
- развитие территорий жилой и многофункциональной застройки;
- благоустройство открытых общественных пространств.

Основными принципами градостроительного планирования, заложенными в Стандарт и во многом влияющими на формирование транспортного

²² Выявление тенденций изменения приоритетов развития городских территорий должно производиться с обязательным учетом специфических понятийно-содержательных недоговоренностей, которые имеют место в отечественной практике разработки и применения градостроительных концепций

спроса (книга 1 «Свод принципов комплексного развития городских территорий»), являются:

- функциональное разнообразие застройки (создание районов с развитым стрит-ритейлом, совмещающих жилые, офисные и сервисные функции);
- компактная и плотная застройка, в то же время учитывающая «человеческий масштаб» за счет строительства зданий средней этажности и создания открытых пространств;
- обеспечение безопасности и благоприятных условий для здоровья населения (уменьшение трафика, высокое качество воздуха и возможность проводить досуг в общественных пространствах круглый год);
- комфортность перемещений (разнообразие маршрутов и баланс всех видов перемещений, эффективность общественного транспорта);
- гибкость и автономность использования зданий и земельных участков (вариативность использования зданий и земельных участков за счет конструктивных планировочных решений);
- комфортность жилья (разнообразные планировки и типы жилой среды, качественные места общего пользования как стимул для жильцов совместно управлять домом и территорией).

Стандарт определяет **требования** к ключевым элементам городской среды. В частности:

- к квартирам (минимальная высота потолка 2,8 м);
- к жилым домам (максимальная высота рядовой застройки 9 этажей, высота первого этажа 3,5 – 5,2 м);
- к дворам в зонах жилой застройки (ориентировочный размер двора 0,6 га);
- к улицам в зонах жилой застройки (плотность улично-дорожной сети 15 км/км², наличие пешеходных переходов не далее 100 м);
- к парковкам автомобилей в жилых кварталах (более 50% от расчетного количества машино-мест должны размещаться вдоль улиц);
- к общественным пространствам в жилом районе (расположение площадок для игр, спорта и отдыха для группы жилых домов в общественных скверах, которые находятся в 5 мин ходьбы от каждого жилого дома);
- к кварталам как планировочным единицам (максимальный размер квартала 5 га, доля объектов торговли, услуг, досуга – 20–30% от общей площади застройки).

Рациональная градостроительная политика, построенная на основе подобных принципов и требований и скоординированная с транспортной политикой, позволяет сократить спрос на поездки в городах. Однако пока такие решения являются сравнительно менее распространенными в российской практике по сравнению с решениями, направленными на развитие инфраструктуры и управление мобильностью.

4.7.5. Транспортно-градостроительные параметры предлагаемых проектных решений, влияющие на развитие транспортных систем городов [199]

Отсутствие в Градостроительном Кодексе Российской Федерации точного перечня необходимых при разработке документов территориального планирования технико-экономических показателей приводит к тому, что подавляющее большинство используемых сейчас показателей связаны с количественными характеристиками возводимых объектов (например, протяженность улиц, количество театров, площадь озеленённых территорий и т. п.). Сохранение приверженности абсолютным показателям облегчает расчетные задачи, связанные с планированием бюджета проекта, но при этом **не отвечает на вопрос**, как изменится качество жизни населения, что, в свою очередь, не соответствует основным принципам территориального планирования.

Как отмечал А.С. Баранов [199], перечень используемых показателей при разработке проектов соответствует задачам из типового технического задания на разработку документов территориального планирования. Типовые показатели в документах территориального планирования должны дополняться более сложными и многокомпонентными показателями, отвечающими на поставленные междисциплинарные задачи (в зависимости от условий и видов документов), которые показывали бы качественные изменения городского пространства и жизни населения. Использование таких показателей, как отмечал А.С. Баранов, позволяет перейти на новый уровень формулирования задач территориального планирования (часто формулируемых в виде кратких принципов/тезисов²³), отражающих изменение ценностей градостроительного развития современных городов: сдвиг парадигмы в транспортной политике города от показателей «мобильности» к показателям, характеризующим общий уровень «доступности»; сбалансированное развитие городских территорий, направленное на актуальные социальные показатели и постепенный переход от «градостроительных» показателей (площадь заасфальтированных территорий, длина благоустроенных тротуаров и т. д.) к «социально-ориентированным» показателям: например, рост общего уровня благосостояния населения, повышение общей безопасности; позитивные экологические изменения и т. п.

В Российской Федерации используемое современное программное обеспечение, базы данных, геоинформационные системы (ГИС) позволя-

²³ В качестве примеров могут быть упомянуты тезисы: «development of a walking culture» («развитие культуры пешеходных перемещений»), концепция «More people to walk more», 2016) или «adaptability» (параметр «адаптивность» из концепции «Street of the Future», 2020). Это трансдисциплинарные установки, оценка уровня достижения которых основана на системе количественных и качественных параметров, но параметры выступают только компонентами задачи, а не ее целью.

ют анализировать разнообразные количественные параметры, связанные с градостроительной деятельностью.

А.С. Баранов [190] отмечает, что, сохраняя в документах планирования количественные показатели, необходимо дополнять их использование более сложными показателями, такими как, например:

- **Индекс разнообразия землепользования** отражает намерения города проводить сбалансированную градостроительную политику за счет сочетания различных видов землепользования, а также позволяет городской среде быть более устойчивой длительное время, адаптируясь к меняющейся экономической и демографической ситуации. Разнообразию землепользования можно оценить различными показателями (например, через долю пространств, которые развиваются согласно принципам многофункциональной городской среды, в общей жилой площади застроенной территории). Данный индикатор предложен в Методике формирования индекса качества городской среды, утв. распоряжением правительства РФ от 23.03.2019 года №510-р).
- **Изменение доли населения города/агломерации, проживающего в пешеходной доступности от остановочных пунктов.** Этот показатель характеризует доступность общественного транспорта для горожан. Более высокие его значения говорят о более высокой вероятности отказа от поездки на личном автотранспорте в пользу общественного. Похожий показатель использовался как целевой для Государственной программы Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга»: «доля населения, проживающего в пешеходной доступности от станций метрополитена».
- **Изменение доли мест приложения труда и мест очного обучения, расположенных в пешеходной доступности от остановочных пунктов общественного транспорта** – это показатель, характеризующий доступность общественного транспорта для поездок по регулярным целям (на работу и учёбу).
- **Среднее время поездки** – параметр, имеющий корреляцию с характеристиками территории расселения и др.

4.7.6. Транспортно-градостроительные модели

Необходимость интеграции территориального и транспортного планирования требует прогнозирования влияния решений по развитию территорий и транспортной системы друг на друга, а также на транспортное поведение населения. Учитывая сложность взаимодействий застройки различного функционального назначения и транспортной системы, обслуживающей какую-либо территорию, одним из важнейших инструментов

управления подобной интеграцией является **моделирование, причем не просто транспортное моделирование, а совместное и одновременное моделирование развития городских территорий и их транспортного обеспечения**. Подобные модели используются в зарубежной практике (т. н. «модели взаимодействия транспорта и землепользования» (LUTI)).

В российской практике постоянно актуализируемые **транспортные** модели есть пока только в **небольшом количестве крупных городов**, распространение транспортных моделей на городские агломерации очень ограничено. Эти модели ориентированы на оценку и прогнозирование мобильности населения, работы городского транспорта и характеристик дорожного движения. Они не предполагают возможности учета воздействия на транспортный спрос градостроительных решений и изменений в моделях землепользования. Во многих городах традиционные транспортные модели были разработаны в рамках национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [200] и в соответствии с Постановлением Правительства от 25 декабря 2015 года «Об утверждении требований к программам комплексного развития транспортной инфраструктуры в населенных пунктах и городских округах». Такие модели не актуализируются в постоянном режиме и, соответственно, **не могут применяться (и не применяются)** для оценки транспортных и градостроительных решений на территориях, для которых ранее эти модели были разработаны.

Базовой **проблемой** широкого использования **моделирования** для решения задач территориального и транспортного планирования, оценки градостроительного развития территорий является также отсутствие достаточного количества квалифицированных специалистов в органах исполнительной власти и подведомственных им организациях.

В Российской Федерации наиболее широко применяется **четырёхшаговое транспортное моделирование** [201], которое зарекомендовало себя как успешный инструмент для решения следующих задач:

- оценка максимальной часовой величины транспортного спроса на межрегиональных, внутрирегиональных и внутригородских связях;
- оценка максимальной часовой нагрузки на транспортную сеть;
- оценка изменения доступности территории и транспортных узлов за счет улучшения транспортной сети;
- оценка сценариев развития транспортной сети, выбора первоочередных участков для строительства или реконструкции;
- прогноз часового и суточного распределения пассажиров между видами транспорта.

По результатам использования подобных моделей на практике можно выделить основной их недостаток – невозможность моделирования цепочек передвижений, так как для каждой целевой группы передвижений **независимо от других** рассчитывается своя матрица межрайонных корре-

спонденций.

Мультиагентные модели, основанные на рассмотрении цепочек передвижений, а также схем «дневной активности», позволяют учесть взаимное влияние этих передвижений друг на друга, а также учесть согласованное поведение членов семьи. Данный тип моделей редко применяется в России, поскольку требует гораздо более подробных и масштабных социологических исследований, а также длительной и сложной настройки. Чаще всего их применяют для моделирования движения в транспортных узлах. Мультиагентные модели кажутся наиболее эффективными для решения следующих задач в масштабах города или агломерации:

- расчёт почасовой нагрузки на транспортную сеть в течение суток;
- детальный анализ работы транспортных узлов с целью выбора технических средств организации дорожного движения;
- прогноз пешеходного движения внутри транспортно-пересадочных узлов и на прилегающей к ним территории.

По мнению специалистов, основным недостатком как четырёхшагового, так и мультиагентного моделирования является использование параметров пространственного развития в качестве исходных данных. **То есть распределение по территории мест генерации и мест поглощения транспортных и пешеходных потоков рассчитывается вне модели.**

Для устранения этого недостатка целесообразно применять указанные выше модели, описывающие взаимное влияние транспорта и землепользования (LUTI-модели). Основным отличием и преимуществом данного вида моделирования является возможность прогнозирования не только функционирования моделируемой транспортной системы, но и развития городских территорий и генерируемого на них транспортного спроса [202–206]. Использование моделей данного вида позволяет рассчитать и проанализировать не только показатели функционирования транспортных систем, но и спрогнозировать развитие городов/регионов в контексте изменения этих транспортных систем, а также изменение транспортного спроса при изменении характеристик застройки территории.

Транспортная система имеет большое влияние на 3 различных характеристики, определяющих развитие города и тесно связанных с его районами:

1. Существующая и перспективная площадь жилой недвижимости;
2. Баланс спроса и предложения рабочих мест;
3. Наличие и стоимость товаров и услуг.

Действующими субъектами с конфигурируемыми и изменяемыми в процессе LUTI-моделирования характеристиками являются:

- жители территории;
- организации и предприятия, ведущие деятельность на территории;
- государственные и муниципальные структуры, расположенные на рассматриваемой территории.

Основными проблемами данного вида моделирования, приводящими к его пока сравнительно небольшому распространению сегодня, являются:

1. сложность в сборе, агрегации и обработке больших массивов данных;
2. высокая сложность вычислений, большое количество сценариев из близких наборов исходных данных;
3. отсутствие определенности в научных подходах к вычислению уровня генерации спроса на различные блага в зависимости от качества транспортного обслуживания;
4. отсутствие однозначности в вопросах определения достаточного и удовлетворительного уровня транспортной доступности для различных рассматриваемых субъектов: людей, организаций, территорий.

LUTI-моделирование также разрабатывается и может эффективно применяться для специализированных целей. Так, в Санкт-Петербурге модель типа LUTI в настоящее время применяется для массовой кадастровой оценки земельных участков и иных объектов недвижимости.

Понимание сущности решаемой задачи, знание сильных и слабых сторон тех или иных моделей позволяет очертить круг необходимых и достаточных исходных данных, выбрать оптимальный путь для поиска решения. Различные модели могут применяться совместно и дополнять друг друга при планировании развития городов.

Проблема исходных данных. В части улучшения взаимодействия в сфере управления территориально-транспортным развитием следует обозначить проблему повышения доступности исходных данных для организаций, использующих их в своей планировочной и проектной деятельности, в выработке управляющих решений. Наличие объективной, полной и достоверной информации о современном состоянии города, о структуре и параметрах транспортного спроса (разные социальные группы, разные территории, разные уровни дохода и т. д.), а также о ретроспективной динамике основных показателей, является одним из важнейших этапов при выработке планов его пространственного развития. На основании анализа полученной информации выявляются проблемы, тенденции и закономерности, необходимые при принятии проектных решений [207].

Следует отметить, что в настоящее время, ни органы государственной статистики, ни комитеты и службы органов исполнительной власти городов и регионов не отслеживают во всей полноте систему показателей развития городских территорий – многие социальные, экономические, экологические, планировочные данные остаются вне поля их изучения. Существует также проблема труднодоступности данных для организаций, осуществляющих проектную или научную деятельность. Зачастую единственными источниками систематизированных знаний о ретроспективной динамике и современном состоянии градостроительного развития являются исследования, проводимые научными и проектными организациями в рамках

разработки стратегий социально-экономического развития и документов территориального и транспортного планирования. Однако, как показывает практика, при последующей разработке подобных документов для тех же самых территорий возможность получения материалов предыдущих исследований ничтожна мала. Проблема лежит как в области непрозрачности данных, неграмотного ведения их архивов, так и в низком уровне взаимодействия и обмена информацией между различными органами исполнительной власти и главное – в **отсутствии стандартизированной комплексной системы сбора, обработки, хранения и анализа пространственных данных**.

Очевидным выводом является то, что существует необходимость создания **цифровой платформы пространственного развития крупнейших и крупных городов и их транспортных систем**, которая решала бы следующие задачи [190] (рисунок 4.17):

1. агрегирование, хранение, обработка и ретроспективный анализ данных;
2. мониторинг и оценка текущего состояния с выявлением дисбалансов развития на основе анализа отклонений от нормативных параметров;
3. моделирование и сравнительный анализ сценариев перспективного развития;
4. выбор приоритетных направлений пространственного развития.

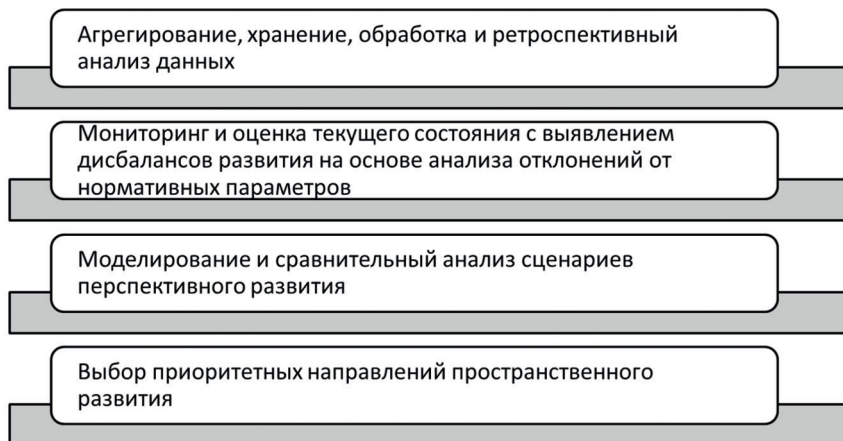


Рис. 4.17. Задачи цифровой платформы пространственного развития города и его транспортной системы

При построении подобной цифровой платформы пространственного развития города и его транспортной системы во главу угла следует ста-

вить не максимальную полноту исходных данных, а грамотный подход к её структуризации, в том числе к иерархии, классификации и взаимосвязи подсистем.

Контрольные вопросы:

1. Современные подходы к обеспечению качества городской среды.
2. Принципы планирования городской застройки, снижающие генерацию транспортного спроса.
3. Концептуальные, методические и организационные основы территориального и транспортного планирования в Российской Федерации. Состояние и существующие проблемы.
4. Транспортно-градостроительные параметры предлагаемых проектных решений, влияющие на развитие транспортных систем городов.

5. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ

5.1. Некоторые общие вопросы совершенствования систем городского пассажи́рского транспорта общего пользования

5.1.1. Роль пассажирского транспорта общего пользования в обеспечении устойчивой мобильности в городах

Городской пассажирский транспорт общего пользования (ПТОП) может являться эффективной альтернативой использованию личного автотранспорта в городах, он представляет предпочтительный способ перемещения большого количества людей на относительно большие расстояния и благодаря этому имеет высокий потенциал снижения транспортной перегруженности улично-дорожных сетей и снижения удельных уровней загрязнения окружающей среды.

Назначение общественного транспорта трансформировалось от «транспорта для бедных» в конце XIX века к «транспорту для устойчивого развития» в конце XX века. Качественные услуги ПТОП в совокупности с развитием активной мобильности и мерами, направленными на ограничение использования личного автотранспорта, создают достаточно эффективный механизм управления мобильностью городского населения (элемент «Сдвигай» концепции «И-С-У», см. раздел 4.6).

Эффективное и качественное осуществление перевозок пассажиров по регулярным маршрутам пассажирского транспорта общего пользования является важным условием обеспечения как устойчивого функционирования городских транспортных систем, так и развития экономики и обеспечения социальной стабильности.

По этой причине мероприятия по планированию данного вида перевозок должны иметь должное обоснование и быть детально проработаны (рисунки 5.1).

Дополнительную информацию по принципам создания систем общественного пассажирского транспорта можно найти в работах [209, 210, 211].

5.1.2. Планирование эффективных систем городского пассажирского транспорта общего пользования

5.1.2.1. Цели, задачи и базовые принципы планирования систем общественного пассажирского транспорта общего пользования

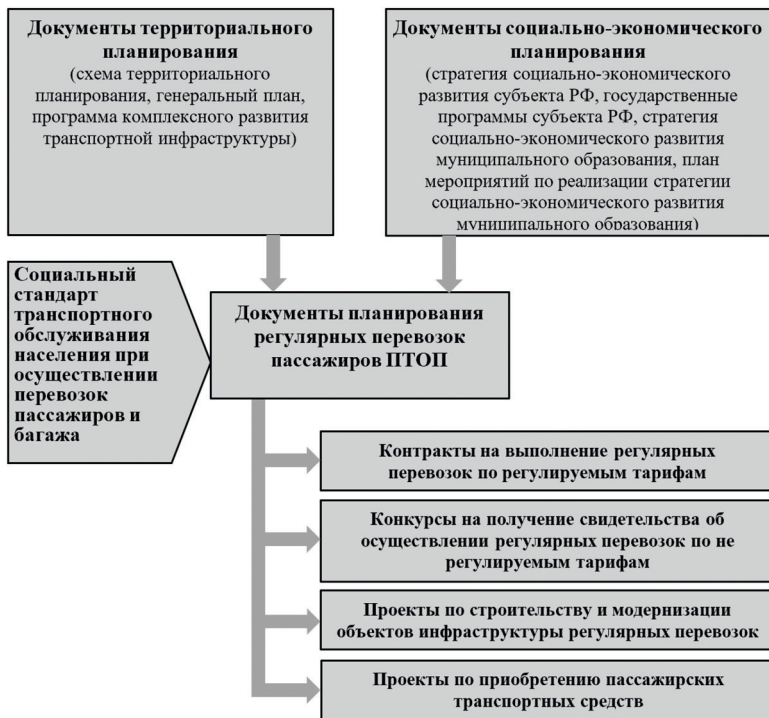


Рис. 5.1. Место документов планирования регулярных перевозок пассажирским транспортом общего пользования в структуре документов территориального, социально-экономического и транспортного планирования

Основной **принцип** работы общественного транспорта согласно [3] состоит в концентрации пассажиропотоков на относительно небольшом количестве маршрутов с тем, чтобы увеличить наполняемость транспортных средств и при этом сохранить на маршрутах разумные интервалы их движения (не более 10 минут). Поскольку неотъемлемой частью значительного количества поездок являются пересадки, их организация играет значительную роль в обеспечении качества транспортных услуг. Следовательно, способы организации транспортного обслуживания и пересадок являются «сердцем» стратегии улучшения работы общественного транспорта в городах, а планирование маршрутных сетей – ключевым условием успеха такой стратегии. При планировании систем городского пассажирского транспорта общего пользования ключевым аспектом является правильное определение соответствующих целей и задач, которые должны быть увяза-

ны с **доступными ресурсами для их выполнения**. Современные методы проектирования систем транспортного обслуживания населения должны быть ориентированы на конечного потребителя транспортных услуг. Это обеспечит привлекательность пассажирского транспорта общего пользования и удобство его использования жителями. Планирование маршрутных перевозок должно носить сетевой характер, имеющий неоспоримые преимущества перед планированием перевозок на отдельных маршрутах. Начинать планирование целесообразно с анализа сильных и слабых сторон существующей маршрутной сети, изучения ситуации глазами различных групп пользователей, а также перевозчиков и соответствующих органов власти. Затем следует определить целевую маршрутную сеть в долгосрочном периоде и только после этого определять решения на ближайший срок.

С учетом ситуации, существующей в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях, **главными целями** разработки документов планирования перевозок ПТОП могут являться, например:

- снижение перегруженности улично-дорожных сетей и суммарных затрат времени населения на передвижения за счет переключения пассажирских перевозок с личного автотранспорта на ПТОП;
- снижение негативных последствий работы автотранспорта (загрязнение окружающей среды, аварийность, транспортный шум и т. п.) также за счет переключения пассажирских перевозок с личного автотранспорта на ПТОП;
- обеспечение транспортных потребностей населения (трудовой, социальной и культурно-бытовой мобильности);
- избежание социальной маргинализации малообеспеченных слоев населения, маломобильных граждан;
- рационализация бюджетных затрат за счет четкого определения маршрутов ПТОП, работающих по регулируемым и нерегулируемым тарифам, а также увеличения поступлений от продажи билетов за счет привлечения новых пассажиров, заинтересованных в качественных услугах;
- обеспечение перехода к более «благоприятной» для населения структуре городской среды; стимулирование такого развития землепользования, которое в наименьшей степени было бы ориентировано на использование личного автотранспорта;
- недопущение ограничений экономического развития территориально-административных образований вследствие недостаточности условий для трудовой миграции населения.

Следует отметить, что для различных территориально-административных образований приоритетными могут быть различные цели из этого набора. Например, для крупных городов с высоким и средним уровнем доходов населения и достаточными возможностями бюджетов в качестве основных целей развития регулярных перевозок ПТОП могут быть выбра-

ны борьба с транспортными заторами и снижение негативного влияния транспорта на окружающую среду и здоровье людей; при этом вопросы обеспечения транспортных потребностей населения за счет средств бюджета могут в определенной мере отодвинуться на второй план, поскольку благодаря относительно высокому уровню доходов население будет в состоянии решать эти проблемы за свой счёт. В то же время в малых городах с относительно низким уровнем доходов населения и невысоким уровнем автомобилизации вопросы транспортных заторов могут быть неактуальными, и важнейшей целью может стать обеспечение трудовой и социальной мобильности населения по социально приемлемым тарифам при жёстких ограничениях в бюджетном финансировании.

Реализация упомянутых выше целей позволяет обеспечить повышение качества услуг пассажирского транспорта общего пользования, его привлекательность и доступность (ценовую, территориальную, физическую) для всех категорий и социальных групп населения (в рамках имеющихся у администраций финансовых ресурсов), создание за счет этого реальной альтернативы использованию личного автотранспорта в городах, как наименее безопасного, неэкологичного и загружающего улично-дорожную сеть вида транспорта.

В качестве практических *задач планирования перевозок* ПТОП по регулярным маршрутам, решение которых обеспечивает достижение перечисленных выше целей, можно назвать следующие:

- установление стандартов качества транспортного обслуживания населения;
- определение наиболее нагруженных направлений перевозок («транспортных коридоров»);
- оптимизация структуры и топологии маршрутной сети наземного пассажирского транспорта, включая:
 - организацию обслуживания «транспортных коридоров» магистральными маятниковыми («транковыми») маршрутами с высокой скоростью и частотой движения, связывающими удаленные части города через его центр и имеющими ограниченное число остановок. Кардинальное влияние частоты работы маршрутов проявляется в так называемом сетевом эффекте, при котором повышение частоты работы всех маршрутов по сети приводит к синергии и общему росту привлекательности общественного транспорта;
 - рассмотрение возможности организации тангенциальных и хордовых маршрутов (коридоров), образующих с радиальными магистральными маршрутами единую сеть;
 - разработка сети подвозящих («фидерных») маршрутов, взаимодействующих с магистральными и тангенциальными/хордовыми маршрутами;

- интеграция сетей всех видов городского ПТОП путем увязки маршрутов наземного ПТОП с терминалами и остановками других видов транспорта, с маршрутами пригородного и междугородного наземного ПТОП; одновременное планирование городской и региональной (агломерационной) маршрутной сети для достижения наилучшей комбинации маршрутов как для пассажиров, так и для перевозчиков (что можно реализовать через полную тарифную интеграцию – возможность поездки в черте города и на пригородных маршрутах по единым билетам без ограничений);
- обеспечение высокой связанности маршрутов ПТОП и улучшение организации работы пересадочных пунктов/узлов, обеспечение максимально удобных, «безбарьерных» пересадок и остановочных пунктов (в том числе между различными видами транспорта); синхронизация расписаний по взаимодействующим маршрутам;
- использование по возможности прямолинейных трасс магистральных маршрутов по кратчайшим расстояниям между точками генерации и поглощения массовых пассажиропотоков с обеспечением наибольшей скорости сообщения, которая возможна по условиям надежного соблюдения расписания;
 - координация расписаний движения и сокращение интервалов движения транспортных средств ПТОП на магистральных маршрутах с наибольшим пассажиропотоком;
 - создание выделенной инфраструктуры для движения наземного ПТОП (в первую очередь на магистральных «транковых» маршрутах), внедрение систем приоритетного проезда транспортных средств ПТОП на перекрестках (соответствующих фаз светофорного регулирования);
 - обоснованное использование видов транспорта и подвижного состава необходимой вместимости в соответствии с ожидаемым пассажиропотоком, заданными стандартами качества обслуживания населения и эффективностью использования подвижного состава;
 - организация обслуживания пассажиров на маршрутах с низким пассажиропотоком, введение на них координированных тактовых расписаний (с равными интервалами – делителями 60 минут);
 - введение систем оплаты проезда, стимулирующих использование населением транспорта общего пользования и единых для перевозчиков различных форм собственности; создание системы единых электронных билетов, разработка понятной и доступной для населения системы тарифов;
 - повышение уровня информированности населения о работе пассажирского транспорта, обеспечение понятной и доступной для пользователей информации о маршрутах, расписаниях, движении транспортных средств;

- регулярное обновление парка подвижного состава ПТОП с целью обеспечения его экологичности, безопасности, комфортабельности и доступности;
- обеспечение стабильности маршрутной сети пассажирского транспорта общего пользования на долгосрочный период и возможности ее масштабирования для удовлетворения транспортного спроса в новых районах и при изменении потребностей населения;
- совершенствование механизмов контроля за работой перевозчиков, осуществляющих регулярные перевозки;
- упорядочение системы бюджетного финансирования пассажирских перевозок.

5.1.2.2. Планирование маршрутной сети и организация перевозок пассажирским транспортом общего пользования

Планирование систем транспортного обслуживания населения и маршрутных сетей ПТОП, как их базового элемента, в условиях ограниченности финансовых ресурсов должно носить итеративный характер. На рисунке 5.2 представлена схема такой процедуры.

На первом этапе проводятся транспортные обследования, имеющие целью выявить и проанализировать существующие проблемы функционирования транспортной системы города и ПТОП, характеристики транспортного спроса населения, качество его транспортного обслуживания. Анализ должен проводиться как с позиций различных групп пользователей, так с позиций перевозчиков. При проектировании маршрутных сетей необходимо тщательно анализировать направления пассажиропотоков (корреспонденций) для достижения оптимального баланса между простотой маршрутной системы и минимизации количества пересадок исходя из принципа организации минимально возможного количества маршрутов. Методические подходы и рекомендации по проведению транспортных обследований представлены в [208].

На основе проведенного анализа **выявляются:**

- транспортные предпочтения пользователей, восприятие ими существующих транспортных проблем;
- прогнозные оценки транспортного спроса и транспортного предложения;
- наиболее нагруженные направления перевозок с максимальными пассажиропотоками («транспортных коридоров») (существующая ситуация и прогнозные оценки).

На втором этапе разрабатывается стандарт качества транспортного обслуживания населения, базирующийся на пожеланиях пользователей

ПТОП («заявленное качество услуг»). Требования стандарта являются основой для последующего определения вариантов характеристик разрабатываемой системы ПТОП, обеспечивающих такое качество транспортных услуг, которое желал бы видеть потребитель (население). Такие показатели, как «среднее время ожидания ТС», «наполнение салона ТС», «время переадресок», «время сообщения» и др., определяют характеристики «желаемого качества обслуживания» с точки зрения пользователей.

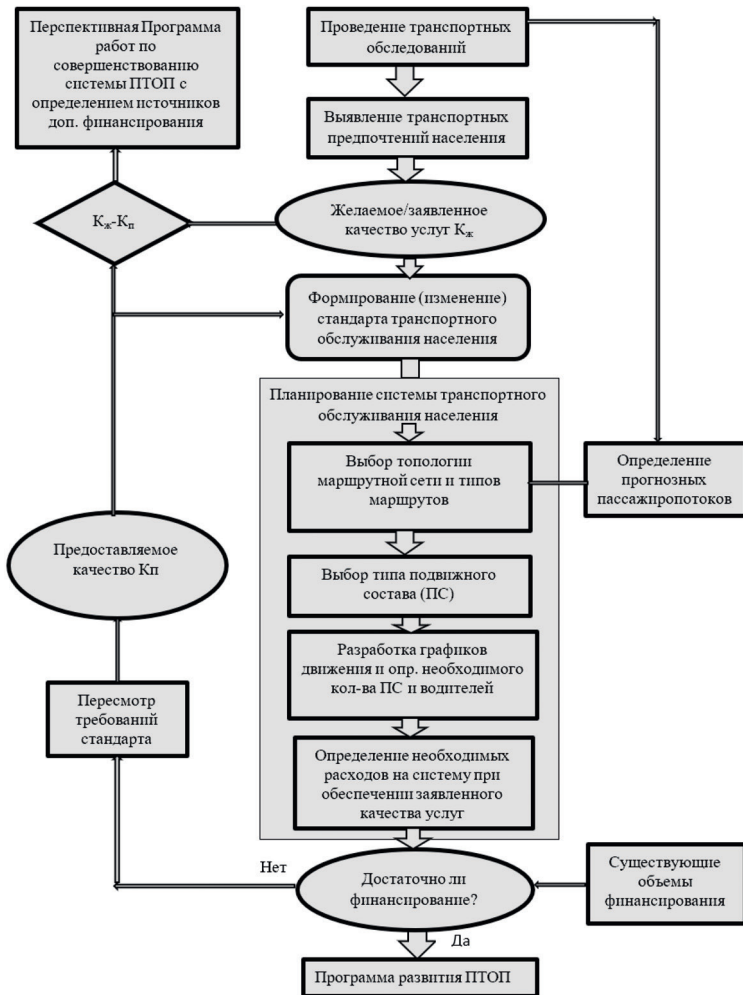


Рис. 5.2. Планирование систем транспортного обслуживания населения и маршрутных сетей ПТОП

Оптимальное планирование маршрутной сети является решающим фактором для эффективной работы ПТОП. Поэтому **на третьем этапе** проводится оптимизация структуры маршрутной сети наземного пассажирского транспорта, обеспечивающая (с учетом ее сложившейся топологии) обслуживание основных «транспортных коридоров» как можно меньшим количеством маршрутов ПТОП за счет создания магистральных маятниковых («транковых») маршрутов (характеризуемых высокой частотой движения), соединяющих окраинные районы города через центр по основным транспортным коридорам (радиальные магистральные маршруты), а также серединные и окраинные районы между собой в обход центра города (тангенциальные и хордовые магистральные маршруты, проходящие по соответствующим коридорам). Как отмечено в [59, 209], общая топология маршрутной сети может исходить из одного из трех вариантов, связанных с общей моделью территориального развития города/городской агломерации (рисунок 5.3).

Радиальная маршрутная схема (рисунок 5.3а) хорошо подходит для городов с ярко выраженным одним центром транспортного притяжения (например, железнодорожный вокзал в небольшом городе). Узел схождения всех маршрутов помимо функций транспортного притяжения выполняет пересадочные функции между всеми маршрутами.

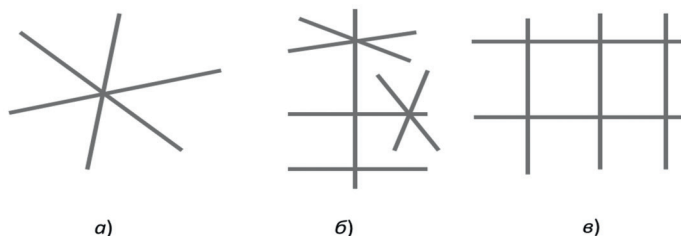


Рис. 5.3. Топология построения маршрутных схем: а) централизованная (радиальная); б) распределенная; в) рассредоточенная (прямоугольная)

Распределенная маршрутная схема (рисунок 5.3б) является наиболее сложной и является расширением радиальной сети для нескольких центров транспортного притяжения, некоторые из которых могут иметь свой ареал транспортного спроса. Она характерна для полицентричных систем расселения и больших городов.

Прямоугольная маршрутная схема (рисунок 5.3в) характерна для городов с соответствующей градостроительной планировкой и представляет собой набор меридианных и широтных маршрутов. В такой системе пассажир может достигнуть любого места сети только с одной пересадкой в одном из узлов маршрутной системы.

Проходящие по «транспортным коридорам» магистральные маршруты должны образовывать единую основную (опорную, базовую) маршрутную сеть ПТОП. Дополнительно формируется сеть подвозящих («фидерных») маршрутов, взаимодействующих с магистральными через удобные для населения пересадки. Такое функциональное деление позволяет рационально использовать имеющиеся ресурсы. Как отмечено в [59, 209], в связи с тем, что максимальные (пиковые) нагрузки на маршрутную и улично-дорожную сети создаются, как правило, передвижениями с трудовыми и учебными целями, именно обеспечение этих передвижений должно лежать в основе формирования опорной маршрутной сети, закрепляемой за муниципальными предприятиями. Поездки с культурно-бытовыми и социальными целями могут обслуживаться как сетью «фидерных» маршрутов, так и опорной магистральной сетью. При рассмотрении обслуживания передвижений с культурно-бытовыми и социальными целями необходимо предусмотреть удобные транспортные связи между объектами транспортной инфраструктуры (вокзалами, станциями, терминалами) и объектами, формирующими соответствующие передвижения и имеющими общегородское значение, такие как крупные больницы, рекреационные зоны, торговые центры, кладбища и др. Подобные маршруты в перспективе могут быть выставлены на конкурс и обслуживаться коммерческими перевозчиками.

На четвертом этапе проводится выбор вида и типа подвижного состава, который будет использоваться на маршрутах регулярных перевозок ПТОП. При выборе вида транспорта, определяющего формирование опорной маршрутной сети, необходимо учитывать различные факторы, такие как экологическая ситуация, прогнозируемые пассажиропотоки, загруженность улично-дорожной сети, степень охвата территории города маршрутами этого вида транспорта. В крупнейших городах во многих случаях в качестве опорной маршрутной сети рассматривается сеть маршрутов городского электрического транспорта (метро, трамвай, городская железная дорога). Если в качестве опорной принимается маршрутная сеть городского электрического транспорта, то после ее формирования переходят к планированию маршрутной сети автобуса, как наиболее мобильного с точки зрения конфигурации сети и провозных способностей вида транспорта. Автобусы разной пассажироместимости (в зависимости от пассажиропотоков) в этом случае обслуживают подвозящие («фидерные») маршруты. При выборе вида и типа подвижного состава ключевыми являются вопросы его экологичности, комфортабельности и пассажироместимости.

На пятом этапе, исходя из ожидаемых пассажиропотоков и принятых нормативных значений стандарта качества транспортного обслуживания населения, определяются требуемые графики движения и количество необходимого подвижного состава и водителей.

На шестом этапе определяются необходимые объемы финансирования

подобной модернизации системы ПТОП, исходящей из запросов населения. Весьма вероятно при этом, что ограниченность бюджетов органов власти административно-территориальных образований и средств субъектов бизнеса не позволит в полной мере осуществить модернизацию системы ПТОП исходя из заданного населением требуемого уровня качества транспортного обслуживания.

В этом случае **на седьмом этапе** проводится корректировка принятых требований стандарта и повторение процедуры планирования системы транспортного обслуживания населения ПТОП под новый уровень требований. Значительно сократить затраты на реализацию подобной итеративной процедуры (**этапы пять – семь**) может использование соответствующей транспортной модели.

В случае пересмотра требований стандарта, **на восьмом этапе** разрабатывается перспективная программа работ по дальнейшему совершенствованию системы транспортного обслуживания населения ПТОП с целью максимального сближения качества заявленных и предоставляемых населению транспортных услуг (с указанием конкретных сроков, объемов и источников финансирования).

В случае совершенствования существующей, исторически сложившейся маршрутной сети ПТОП в городах можно сформулировать следующие основные **цели ее оптимизации** [59, 209]:

1. **Снижение затрат времени** пассажиров на поездки на ПТОП, которое может быть достигнуто за счет:

- **сокращения времени ожидания** на остановках (за счет использования подвижного состава ПТОП большей вместимости, обеспечивающего исключение отказа в обслуживании пассажиров из-за его переполненности. Рост средней вместимости подвижного состава обуславливается концентрацией пассажиропотоков на меньшем количестве маршрутов при сокращении уровня дублирования маршрутной сети [209]);

- **увеличения скорости движения** подвижного состава ПТОП (за счет снижения загрузки улично-дорожной сети и выделенной инфраструктуры ПТОП (при ее наличии), связанных, в свою очередь, со снижением числа транспортных средств ПТОП на маршрутах и сокращением уровня дублирования маршрутной сети).

2. **Общее снижение загрузки улично-дорожной сети**, за счет переключения части перевозок с личного автотранспорта на ПТОП.

3. **Повышение безопасности** дорожного движения и экологической безопасности за счет:

- снижения загрузки остановочных пунктов подвижным составом малой вместимости;

- общего снижения задержек транспорта вследствие уменьшения загрузки улично-дорожной сети, обеспечивающего более комфортные и

равномерные условия движения транспортных средств, что ведет к сокращению числа транспортных конфликтов, объемов выбросов загрязняющих веществ и шумовой нагрузки на окружающую среду.

4. Снижение убыточности муниципальных предприятий пассажирского транспорта общего пользования за счет:

- уменьшения дублирования маршрутов, обслуживаемых муниципальными перевозчиками, маршрутами коммерческих перевозчиков;
- развития и оптимизации маршрутной сети муниципальных перевозчиков;
- снижения затрат на эксплуатацию ПТОП.

5. Обеспечение удобства перехода к новой маршрутной сети за счет сохранения по возможности конфигурации большинства маршрутов, сохранения беспересадочных сообщений при реализации транспортных связей на опорной маршрутной сети.

В малых городах и в пригородных зонах крупных городов величина спроса на пассажирский транспорт общего пользования не позволяет организовать обслуживание населения ПТОП с высокой частотой движения. Для таких ситуаций организация движения пассажирского транспорта общего пользования даже с интервалами 30-60 мин. может потребовать существенных субсидий. При больших интервалах движения подвижного состава повысить качество обслуживания пассажиров можно за счет синхронизации режимов работы различных маршрутов.

Для малых городов рекомендуются следующие основные принципы построения маршрутных сетей [59]:

- использование в основном маятниковых маршрутов, начинающихся в центре транспортного притяжения;
- согласование расписаний движения между маршрутами или с расписанием движения внешнего транспорта;
- сохранение частоты движения в выходные дни;
- использование комфортабельного ПС с вместимостью, соответствующей спросу;
- оснащение остановочных пунктов информационными материалами о работе ПТОП.

5.1.2.3. Скорость и время в пути: факторы, влияющие на выбор пользователей городского транспорта [3]

Как было отмечено выше, в системе городского пассажирского транспорта ключевой фигурой должен являться пассажир, транспортная активность которого определяется его транспортными потребностями, наличием множества доступных ему стратегий и альтернатив в использова-

нии видов транспорта/передвижения, а также выбираемой целевой функцией (например, минимизация затрат, связанных с передвижением). При возросшем спросе на мобильность жители городов, как правило, выбирают между городским пассажирским транспортом общего пользования и личным автомобилем. Их выбор зачастую зависит от стоимости и времени поездки, простоты передвижения (простоты пересадок, точности соблюдения расписаний и т. д.), доступности парковок. Снижение затрат времени на поездки должно достигаться методами транспортного планирования и управления спросом. Следует отметить, что сейчас целевым показателем при планировании работы системы ПТОП является, как правило, не уменьшение времени поездок, а повышение скорости сообщения в транспортной системе (с учетом времени подходов к местам посадки/высадки, ожидания, поездки, пересадок), что не всегда является одним и тем же.

Повышение скорости сообщения пассажирского транспорта общего пользования достигается за счёт решения следующих задач:

1. улучшение условий движения на маршрутах, в т. ч. за счет физического выделения соответствующих полос и путей движения;
2. оптимизация расстояний между остановками;
3. уменьшение времени ожидания, в том числе на пересадочных пунктах, путем координации расписаний движения;
4. уменьшение расстояний подхода в пересадочных пунктах;
5. совершенствование регулирования дорожного движения, в т. ч. за счет введения приоритета проезда перекрестков для маршрутного пассажирского транспорта.

Как было отмечено выше, помимо времени поездки для пользователей часто важен и такой показатель, как надежность/ненадежность прибытия в пункт назначения к заданному времени.

Вероятностный характер длительности поездки (надежность поездки) в той или иной мере присущ всем видам городского транспорта. Повышение надежности поездок с использованием городского пассажирского транспорта общего пользования зачастую обеспечивается за счет организации движения по выделенной инфраструктуре; ужесточения контроля за соблюдением расписания движения транспортных средств ПТОП; эффективного диспетчерского и оперативного управления; он-лайн информирования пассажиров на остановках и через приложения об ожидаемом времени прибытия (отправления) общественного транспорта, номере маршрута и фактическом времени прибытия очередного транспортного средства; автоматизированного учета и контроля работы объектов системы ПТОП путем интеграции вокзалов, автостанций, транспортных предприятий и транспортных средств в единое информационное пространство.

5.1.2.4. Институциональные аспекты планирования перевозок ПТОП

Успешность планирования систем городского пассажирского транспорта общего пользования во многом зависит от существующих на региональном/местном уровне институциональных рамок управления в сфере организации пассажирских перевозок. В связи с этим, процессу планирования должно предшествовать детальное изучение организационной структуры управления пассажирским транспортом, взаимодействия всех заинтересованных сторон, состояния и возможного изменения транспортного спроса. Как отмечено в [3], планирование перевозок ПТОП должно исходить из следующих ключевых моментов.

Во-первых, теория и практика качественной и эффективной организации перевозок пассажирским транспортом общего пользования однозначно свидетельствуют о необходимости планирования работы данного вида городского транспорта, причем в мультимодальном контексте и с учетом работы городской транспортной системы в целом (включая личный автотранспорт, каршеринг, вело- и пешеходное движение).

Во-вторых, степень планирования перевозок ПТОП определяется уровнем их регулирования в конкретном регионе. При подходе к транспорту общего пользования как общественной услуге роль планирования существенно возрастает по сравнению с регионами, в которых общественный транспорт рассматривают как «свободный рынок».

В-третьих, как показывает отечественный и зарубежный опыт, наилучшей практикой является сочетание преимуществ централизованного планирования и рыночной конкуренции «вне маршрута» (конкуренция за контракты на выполнение перевозок, а не конкуренция между перевозчиками за пассажира на маршруте). Это предполагает проведение городскими администрациями соответствующих конкурсов на обслуживание маршрутов, развитие и обслуживание инфраструктуры.

Успех планирования транспортного обслуживания населения ПТОП в долгосрочной перспективе определяется:

- органами управления ПТОП на местном/региональном уровне, обеспечивающими равные и справедливые условия конкуренции на рынке пассажирских перевозок как муниципальных, так и коммерческих перевозчиков;
- системой устойчивого финансирования ПТОП и его развития в городе/городской агломерации (через заключение с перевозчиками «брутто-контрактов» и наличие достаточных средств региональных/местных бюджетов; через внедрение механизмов льготного лизинга и/или концессий);
- высоким качеством транспортного обслуживания населения.

Стабильность условий работы ПТОП является необходимым условием для обеспечения его влияния на инициативы застройщиков и задает развитие новым районам города, которое, в свою очередь, должно стимулировать использование общественного транспорта.

5.1.2.5. Сочетание стабильности структуры сети ПТОП и ее адаптируемости к меняющимся условиям [3]

Адаптируемость к меняющемуся транспортному спросу с учётом изменения застройки и землепользования, изменения характера трудоустройства, жилья и прочих объектов притяжения является важнейшей характеристикой системы пассажирского транспорта общего пользования. В то же время для позитивного влияния на развитие прилегающей территории и создания устойчивых транспортных связей необходима долгосрочная стабильность высококачественной сети ПТОП. Как было отмечено выше, для успешного конкурирования с личным автотранспортом, мощности ПТОП должны быть в первую очередь направлены на обслуживание основных транспортных коридоров. Однако такая концентрация провозных возможностей может вступать в противоречие с необходимостью обеспечения равной доступности общественного транспорта для всех жителей.

Стабильность маршрутной сети ПТОП требует в то же время определенной гибкости и готовности к развитию, к росту пассажиропотоков – в частности, с развитием прилегающих территорий сеть маршрутов должна иметь возможность продления на вновь застраиваемые территории. Такая адаптивность возможна при построении системы на основе как можно меньшего количества простых и легко идентифицируемых транспортных линий. Сеть из относительно небольшого количества простых маршрутов имеет значительные преимущества перед сложными сетями, позволяет пользователям легко запомнить структуру сети, что является критически важным для обеспечения привлекательности общественного транспорта.

Оптимальные интервалы движения по маршрутной сети не могут быть запланированы на годы вперед. Как правило, интервалы движения и вместимость подвижного состава планируются на 1 – 2 года по результатам постоянного мониторинга пассажиропотоков, а более долгосрочные прогнозы необходимы только для обоснования строительства новой транспортной инфраструктуры и определения принципиальной структуры сети для её лучшей адаптируемости к будущим условиям, в том числе с учётом выбора видов транспорта. Влияние рельсовой инфраструктуры на развитие прилегающих территорий хорошо прослеживается в мировой практике. Наилучшей адаптивной способностью обладает легкий рельсовый транспорт: вместимость подвижного состава и его провозную способность можно по-

этапно увеличивать с 1 до 15 – 18 тыс. пассажиров в час без существенной перестройки инфраструктуры.

В регионах с ограниченным уровнем спроса (как правило, с низкой плотностью населения) необходимо создание подвозных («фидерных») маршрутов к основной магистральной сети.

5.1.2.6. Принципы выбора вида пассажирского транспорта общего пользования и организация его работы [3]

Выбор вида транспорта определяется экономикой транспортной системы, технологическими требованиями и стандартами качества транспортного обслуживания населения. Основным технологическим критерием при выборе вида транспорта является его предельная пропускная способность. При пассажиропотоках свыше 3,9 – 4,0 тыс. пассажиров в час частота движения автобусов особо большой вместимости превысит 30 ТС в час, что может не позволить обеспечить стабильные условия движения на автомагистралях с пересечениями в одном уровне. При таких высоких пассажиропотоках технологические условия диктуют применение для перевозок городского рельсового транспорта общего пользования. Наряду с критерием вместимости, технологическим требованием к подвижному составу является обеспечение доступности и наличия мест для маломобильных категорий пассажиров (инвалиды, пассажиры с детскими колясками, пассажиры с велосипедами и др.). Зачастую технологическая возможность размещения маломобильных граждан в автобусах малой вместимости отсутствует, в связи с чем рекомендуется использование транспортных средств с вместимостью не ниже средней, с обязательной низкопольной площадкой для удобства посадки маломобильных категорий пассажиров. Желательно избегать использования аппарелей и других специальных устройств для посадки маломобильных пассажиров, так как их применение существенно увеличивает время посадки, приводит к отставанию от графика и переполнению подвижного состава.

Пропускная способность инфраструктуры ПТОП в городах может быть повышена, а надежность перевозок обеспечена, в частности, за счет:

- обособления трамвайных путей и организации выделенных полос движения безрельсового наземного ПТОП – для исключения влияния транспортных заторов и ДТП на надежность транспортного обслуживания населения;
- создания систем приоритетного проезда перекрестков подвижным составом ПТОП (адаптивные светофорные циклы) – для снижения задержек на светофорах;
- обеспечение удобных условий посадки и высадки пассажиров

(строительство повышенных до 30 см платформ, увеличение количества дверей подвижного состава, используемых для посадки и высадки пассажиров) – для уменьшения вероятности задержек при посадке;

- обеспечение необходимого финансирования поддержания надлежащего уровня технического состояния подвижного состава ПТОП, исключаящего (или сводящего к минимуму) поломки транспортных средств и инфраструктуры.

Надежность перевозок ПТОП обеспечивается правильным определением численности подвижного состава, необходимого на маршруте с учетом существующих условий движения и установленных стандартов качества транспортного обслуживания населения. В условиях заключения с перевозчиками «брутто-контрактов» (оплата городом перевозчику пробега, выполненного с соблюдением расписания, независимо от числа перевезенных пассажиров; выставление штрафов за нарушение расписания) перевозчик заинтересован в соблюдении расписания (контролируемого по навигационным отметкам транспортных средств), при этом исключаются «гонки» за пассажиром и билетной выручкой. В этом случае транспортный планировщик рассчитывает предельное количество транспортных средств общественного транспорта, которые способна пропустить система без задержек, и планирует маршрутную сеть с таким расчетом, чтобы на каждом участке сети количество транспортных средств в час не превышало пропускную способность остановочных пунктов и перекрестков.

При планировании маршрутной сети необходимо также обеспечить баланс между повышением вместимости подвижного состава и сохранением приемлемых интервалов его движения. Оптимальным является подбор вместимости подвижного состава, при которой интервал движения в течение **всего дня** сохраняется в пределах не более 10 минут, уменьшаясь в пиковые периоды до 6 – 8 минут. Чтобы при приемлемых интервалах (около 8 минут в часы пик) обеспечить заполняемость подвижного состава наибольшей вместимости до нормативного уровня, необходимо путём сокращения количества маршрутов обеспечить высокую концентрацию пассажиропотоков на небольшом их количестве.

При этом, безусловно, подобная оптимизация маршрутной сети не должна ухудшать существующие условия транспортной доступности и качества обслуживания для населения.

В транспортных системах многих городов развитых стран мира (Германия, Швейцария, Австрия и др.) на одной улице, как правило, проходит не более 1 – 3 маршрутов ПТОП. В результате обеспечивается заполняемость транспортных средств большой и особо большой вместимости (с учётом установленных нормативов наполнения транспортных средств) и получение достаточной билетной выручки.

В крупных городах и городских районах обычно существует потребность в более вместительном подвижном составе пассажирского транспорта общего пользования. Развитие городских железнодорожных сетей в 20-м веке во многих случаях позволяет им сейчас вносить значительный вклад в работу транспортных систем городов.

Одним из примеров подобных решений является Московское центральное кольцо, открытое в 2016 году с использованием существующей 54-километровой железнодорожной линии, которая ранее эксплуатировалась исключительно для грузовых перевозок. Способы оплаты проезда по этой линии ПТОП не отличаются от остальных видов городского общественного транспорта. Несмотря на то, что Московское центральное кольцо стало преподноситься как 14-я линия Московского метрополитена, оно также служит отличным примером «классического» городского тяжелого рельсового транспорта.

Еще одним эффективным решением может являться такой вид легкого рельсового транспорта как «трамвай-поезд». Это вид транспорта, который использует для движения имеющуюся в городах трамвайную инфраструктуру, а также существующие железнодорожные линии – для связи между соседними городами и населенными пунктами. Данный вид транспорта сочетает преимущества как тяжелых, так и легких рельсовых систем в части пропускной способности и безопасности. В частности, трамвай-поезд способен обеспечить доступ прямо на улицы центров городов по трамвайной сети, но не требует сооружения отдельных трамвайных линий между городами, используя уже имеющуюся железнодорожную инфраструктуру. Использование трамваев-поездов довольно распространено в Германии и Швейцарии в обширных урбанизированных районах с высокой и средней плотностью застройки. Подобные «гибридные» виды транспорта могли бы быть востребованы в полицентрических агломерациях, где расстояние между городами не превышает 30 – 50 км. В то же время, создание таких систем может потребовать некоторых изменений в национальных технических стандартах.

5.1.2.7. Мультимодальные маршрутные сети. Организация взаимодействия между различными видами городского транспорта [3]

Ключевыми вопросами создания мультимодальных городских сетей пассажирского транспорта общего пользования являются координация расписаний движения транспортных средств на маршрутах различных видов городского транспорта и организация пересадок между различными маршрутами и видами транспорта. Качество пересадок является критиче-

ски важным для создания таких мультимодальных сетей общественного транспорта, которые являются привлекательными для пользователей и конкурентоспособными по отношению к использованию личного автомобиля в городах. Критериями качества организации пересадок могут являться: среднее количество пересадок при поездках городского населения; среднее время, затрачиваемое на пересадку; удобство организации пересадки.

Организация пересадок необходима в возможно большем числе пунктов пересечения маршрутов, что позволяет создать сетевой эффект [3], позволяющий извлечь максимум пользы из простой по конфигурации, но эффективной маршрутной сети с небольшим количеством высокочастотных магистральных маршрутов. Если качество организации пересадок будет недостаточным, то для удовлетворения спроса населения потребуется организация дополнительных беспересадочных маршрутов с меньшей частотой движения, что приведет к фрагментированной и сложной для восприятия маршрутной сети.

Наибольший сетевой эффект, стимулирующий увеличение поездок на ПТОП, может быть достигнут при организации удобных пересадок во всех местах пересечения двух и более маршрутов. Большинство таких пересечений маршрутов происходит на остановочных пунктах, которые, как правило, располагаются на улично-дорожной сети возле перекрестков. В связи с этим важно, чтобы организация движения в городах проектировалась с учётом приоритета удобства пересадки пассажиров, в частности путем приближения станций/остановочных пунктов разных маршрутов различных видов транспорта друг к другу (а в случае наземного ПТОП – к перекресткам УДС) с обеспечением кратчайших расстояний пешего перехода между ними.

Местом стыковки маршрутов различных видов транспорта являются, в частности, крупные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ). Кроме этого, ТПУ представляют региональные и местные центры активности, которые обеспечивают не только пересадочные функции, но сами могут являться мощными точками генерации и притяжения пассажиропотоков, т. е. являются, по сути, местами стыковки городского пространства и транспортной системы. Эти узлы обычно являются точками концентрации рабочих мест, мест коммерческой активности и общественных услуг. ТПУ во многих случаях организуются в городских районах с высокой плотностью населения.

Некоторые принципы организации пересадок (зарубежная практика). На железнодорожных переездах по городским путепроводам остановка автобуса/трамвая в целях обеспечения максимально короткого пешеходного расстояния пересадки должна быть предусмотрена наверху, точно над железнодорожными путями, а остановка городской электрички/наземной линии метро – внизу,

непосредственно под путепроводом. Использование лестниц при пересадках должно быть сведено к минимуму. Лестницы необходимо заменять лифтами и эскалаторами. Короткие маршруты при пересадках важнее быстрого выхода пассажиров на прилегающую территорию, так как количество людей, которым требуется пересесть на другой вид транспорта и продолжить свою поездку, обычно превышает количество людей, которым необходимо начать или завершить свою поездку на данной остановке.

Наилучшим вариантом организации пересадки является кроссплатформенный пересадочный узел, при котором все транспортные средства останавливаются по обе стороны одной и той же платформы (см. рисунок ниже). С этой целью, например, некоторые наземные маршруты общественного транспорта в гг. Торонто, Бостоне, Валенсии и других городах спускаются под землю, что создает возможность кроссплатформенного соединения с метро. Процесс пересадки также можно сделать более удобным путем концентрации остановок всех рассматриваемых маршрутов в одном остановочном комплексе (например, продлив автобусные и трамвайные линии до здания вокзала).



Рисунок – Дюссельдорф, Германия. Кроссплатформенная пересадка с автобуса на трамвай позволяет выполнить пересадку максимально быстро и безопасно, минимизирует лишние маршруты и повышает общий уровень эффективности маршрутной сети

Для территорий с низкой плотностью населения, удалённых от остановок пассажирского транспорта общего пользования, необходимо организовывать эффективный и простой доступ к этим остановкам владельцев и пользователей личных автомобилей, а также владельцев велосипедов. Существует две практики организации подобных пересадок:

- перехватывающие парковки (Park & Ride), когда водитель и сопровождающие его пассажиры оставляют машину на стоянке и продолжают движение на общественном транспорте (для велосипедов подобные реше-

ния рассмотрены в разделе «Активная мобильность»);

- система кратковременной остановки Kiss & Ride (подвоз к общественному транспорту), когда родственник или другой автовладелец подвозит пассажира на своём автомобиле к остановке общественного транспорта или встречает его с очень короткой остановкой для посадки/высадки («остановка на один поцелуй»).

Перехватывающие парковки могут быть бесплатными (в этом случае стоимость пользования ими может включаться в стоимость билета ПТОП) при условии, что на прилегающей территории практически нет других объектов массового притяжения, кроме остановок общественного транспорта, для подъезда к которым можно использовать соответствующую перехватывающую парковку. В случае высокого спроса на парковку автомобилей на прилегающей к остановкам/станциям ПТОП территории (что часто случается возле станций железнодорожного транспорта и метро), предоставление бесплатной парковки является нецелесообразным. В этом случае более эффективным планировочным решением будет размещение в непосредственной близости от станции офисной, деловой или жилой застройки.

Контрольные вопросы:

1. Роль пассажирского транспорта общего пользования в обеспечении устойчивой мобильности в городах.
2. Планирование маршрутной сети и организация перевозок пассажирским транспортом общего пользования.
3. Организация взаимодействия между различными видами городского транспорта.

5.2. Новые формы городской мобильности [3]

Глобальные изменения, происходящие в мире, изменяют и модели транспортного поведения, и мобильности, что оказывает влияние на транспортные системы и используемые в них транспортные средства. К таким глобальным тенденциям относятся, в частности, развитие «электромобильности» (использование транспортных средств с электроприводом), внедрение моделей совместного использования автомобилей и других транспортных средств, развитие активной мобильности. Изменения в транспортных системах сказываются на промышленности, обществе и городском управлении в целом. Стремительная цифровизация экономики открывает множество возможностей для переосмысления городских моделей и проблем

мобильности, что потребует значительной межсекторальной и многосторонней кооперации и координации усилий.

Многие перспективные модели мобильности в настоящее время отражают тенденцию на индивидуализацию поездок [212] с помощью использования цифровых сервисов и парков доступных и компактных электромобилей и иных средств мобильности, благодаря которым люди способны перемещаться с гораздо более низкими затратами по сравнению с обычным такси.

Последствия продолжающихся цифровых преобразований в области мобильности и транспорта носят системный и масштабный характер в более широком социальном контексте роста цифровизации общества во всех регионах мира. До недавнего времени существовало два основных решения в области мобильности – автомобиль в личной собственности и общественный пассажирский транспорт. Субсидируемый пассажирский транспорт общего пользования является единственным способом перевозки большого количества людей, который при этом отличается низкими уровнями загрязнения окружающей среды и влиянием на транспортную перегруженность улично-дорожных сетей. Однако теперь намечаются перспективы того, что частный сектор, опираясь на использование мобильных приложений и парки относительно дешевых и компактных электромобилей, сможет перевозить людей не менее эффективно, но без высоких затрат для городских властей и общества в целом.

Несмотря на то, что использование в городах метрополитенов и легкорельсового транспорта является высокоэффективным решением в условиях мощных пассажиропотоков, во многих случаях предпочтительным для населения видом транспорта остается личный автомобиль или же такси. Велосипеды, самокаты и прочие легкие электрические средства индивидуальной мобильности также становятся для горожан эффективным и недорогим решением в области мобильности, но они сталкиваются с многочисленными ограничивающими факторами, такими как отсутствие специальной инфраструктуры и необходимость выезжать на дороги общего пользования.

Несмотря на то, что пассажирский транспорт общего пользования широко признается в качестве инструмента перемещения большого числа людей при одновременном сокращении выбросов CO₂ и традиционных загрязнителей атмосферного воздуха, с развитием и широким внедрением транспортных средств, имеющих электрические, газовые, а теперь и водородные двигатели, города начинают сталкиваться с серьезной проблемой, связанной с изменениями ожиданий и поведения общества. Например, в Северной Америке спрос на общественный пассажирский транспорт продолжает снижаться, поскольку американцы предпочитают перемещаться в своем автомобиле в одиночку, нежели пользоваться массовыми видами транспорта: по данным издания *Washington Post*, в 2017 году перевозки

ПТОП сократились в 31 из 35 крупных мегаполисов США. Изменить такое поведение населения получится в том случае, если городские администрации ограничат владение и/или возможность использования личных автомобилей и при этом одновременно будут стимулировать использование привлекательного и доступного общественного транспорта, а также развивать ориентированные на пользователя интермодальные перевозки и активные виды мобильности. Городские администрации могут вводить более жесткие правила использования личного автотранспорта, такие как высокие сборы за проезд по перегруженным дорогам, ликвидация уличных общественных парковок и даже сужение проезжей части улиц, дорог и т. д. В принципе, уменьшение числа автомобилей в городах должно высвободить ценное дорожное пространство, которое можно далее перепрофилировать под использование средствами активной мобильности (велосипеды, самокаты и т. д.) и двухколесными легкими электрическими транспортными средствами (средствами индивидуальной мобильности (СИМ)), которые смогут перевозить большое количество людей во множество пунктов назначения на относительно небольшие расстояния (до 5 км).

Пока неизвестно, в какой степени новые транспортные и информационные технологии способны заменить услуги общественного транспорта, поскольку ни один город еще не смог существенно сократить число владельцев личных автомобилей до того уровня, при котором можно было бы проверить эту гипотезу [3]. Кроме этого, жизнеспособные решения для городских центров и центральных столичных районов могут оказаться неэффективными в плане удовлетворения потребности в мобильности в более широких столичных и региональных масштабах, в условиях средних и малых городов, будь то пассажирские или грузовые перевозки, для совершения которых все еще предпочтительно использовать личный автотранспорт.

Как показала практика, современные технологии способны в определенной мере повлиять на устойчивость функционирования городских транспортных систем. В то же время необходимо помнить, что поведение людей в поездках не изменится сильно при использовании электрических и беспилотных автомобилей, внедрении технологий совместного использования транспортных средств. Именно урбанизация, доступность городской среды и скорости передвижения будут продолжать формировать и изменять наши модели транспортного поведения и мобильности, как они уже делали это в прошлые десятилетия.

Важными элементами системы городского пассажирского транспорта, интегрированными с ОПТ, должны являться различные схемы совместного пользования легковыми автомобилями (традиционные такси и такси, работающие через агрегаторов он-лайн услуг, каршеринг, райдшеринг, карпулинг) и СИМ (байкшеринг, кикшеринг) (рисунок 5.4). Данные схемы представляют быстро развивающийся сектор экономики совместного

пользования. В 2018 году общая рыночная стоимость крупнейших мировых компаний, оказывающих услуги райдшейлинга, составила около 100 млрд долларов США, согласно расчетам рыночной стоимости компаний Lyft, Grab, GoJek и Uber. По состоянию на 2018 год одна только биржевая стоимость Uber составила 71 млрд долларов США, что превышает совокупные инвестиционные затраты на два крупнейших в мире проекта транспортной инфраструктуры метрополитена: проект London Crossrail и проект сети метро Grand Paris Express, который должен начать обслуживать район Большого Парижа к 2030 году [213].

В России, согласно опросам, 65% опрошенных жителей считают, что каршеринг может в некоторых случаях стать альтернативой использованию такси, 20% россиян готовы отказаться от краткосрочных поездок на личном автомобиле по городу в пользу каршеринга (в Москве и Санкт-Петербурге – 25%).



Рис. 5.4. Системы каршеринга, байкшеринга и кикшеринга в г. Москве, 2022 г.

В настоящее время работа системы каршеринга не приводит к заметному снижению суммарного пробега автотранспорта в городах (хотя пробег личных автомобилей при этом снижается). Более того, некоторая часть пользователей ПТОП и лиц, не имеющих своего личного автотранспорта, начинают активно использовать для своих поездок автомобили каршеринга. В результате этого развитие каршеринга в существующем виде не приводит к снижению негативных последствий использования автотранспорта. Использование услуг каршеринга пока не приводит и к отказу от владения

личным автомобилем. Бесплатность парковки автомобилей каршеринга в центральной части городов приводит к дефициту парковочного пространства для обычных автовладельцев (рисунок 5.5).



Рис. 5.5. Автомобили каршеринга на платной парковке в центре г. Москвы

Системы совместного пользования легковым автомобилем не должны конкурировать с ПТОП, а должны дополнять его услуги, осуществляя перевозки в тех секторах, где перевозки общественным транспортом являются недоступными или не соответствующими требованиям качества обслуживания населения (использование в мультимодальных городских транспортных «цепочках»). Эффект каршеринга будет существенно возрастать при использовании в качестве шеринговых транспортных средств электромобилей (штепсельных гибридов), а впоследствии – беспилотных электромобилей.

По данным McKinsey, в период с 2010 по 2016 гг. в различные мобильные стартапы было инвестировано 110 млрд долларов США, причем большая часть средств была направлена на стартапы в области каршеринга и использования автономных транспортных средств. Мировое сообщество венчурных инвесторов при поиске крупных инвестиционных возможностей полагало, что именно мобильность (а не инфраструктура) вызывает системные сбои в городском управлении, инфраструктурном финансировании и моделях планирования. В настоящее время биржевая стоимость компаний, оказывающих услуги райдшейринга, зачастую превышает некоторые из крупнейших пакетов инфраструктурных инвестиций во всем мире.

5.3. Активная мобильность

Развитие различных форм активной мобильности является важнейшим из направлений повышения устойчивости городских транспортных систем [3]. Выгоды от развития активной городской мобильности получает как сам человек в виде сокращения затрат на свои медицинские расходы за счет укрепления своего здоровья путем физических упражнений, так и городские власти – в виде сокращения затрат на социальную медицину, затрат на борьбу с перегруженностью городских дорог и транспортными задержками, на снижение выбросов загрязняющих веществ и транспортного шума. Явными положительными результатами развития активной мобильности в городах являются также общее улучшение доступности городской среды и качества городской жизни, а также развитие туризма и создание новых рабочих мест.

Как показывают результаты исследований, проведенных в ЕС, если учесть расходы на лечение заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды, оценку риска ДТП и т. д., получится, что каждый километр, преодолеваемый на автомобиле, в среднем обходится обществу в 15 евроцентов, в то время как каждый километр при поездке на велосипеде приносит обществу пользу, оцениваемую в 16 евроцентов за счёт укрепления здоровья горожан и отсутствия негативных эффектов, связанных с использованием личного автомобиля [214].

Качество цепочек передвижений определяется качеством их самого слабого звена. В этой связи пеший подход или подъезд на велосипеде к остановочным пунктам/транспортно-пересадочным узлам также должны рассматриваться как часть системы пассажирского транспорта общего пользования. Расстояние подхода (подъезда на велосипеде) должно быть по возможности наименьшим, что частично достигается правильным размещением остановочных пунктов, а также созданием комфортной сети пешеходных/велосипедных дорожек, освещённых и по возможности защищённых от грязи и шума, желательных проходящих через привлекательную городскую среду.

Для территорий с меньшей плотностью населения, удалённых от остановок ПТОП более, чем на несколько сотен метров, использование велосипеда или самоката может кардинально улучшить доступность и сократить время в пути. Скорость сообщения на велосипеде в 3 – 4 раза выше, чем пешком. Это означает, что в том же временном радиусе доступности окажется в 10 раз больше территории (и объектов), чем при пешем передвижении. Комфортные пути подъезда на велосипеде к остановкам общественного транспорта сделают комбинированные поездки «велосипед – автобус» и «велосипед – поезд» более привлекательными. Важное значение приобретает и обустройство железнодорожных станций, трамвайных и автобусных

остановок парковочными местами для велосипедов (рисунок 5.6).



Рис. 5.6. Велопарковка у станции железной дороги в Нидерландах (фото vox.com)

5.4. Развитие электромобильности

Использование личного электротранспорта. В последние годы одним из важных трендов транспортной политики во многих странах является стимулирование использования электромобилей. Наиболее серьезные усилия в этом направлении были предприняты в Швеции, где владельцам электромобилей, наряду со значительными скидками на приобретение электромобиля, предоставляли право бесплатной парковки, движения по выделенным полосам общественного транспорта.

Итоговый эффект от такого стимулирования использования личных электромобилей в этой стране оказался негативным: общественный транспорт потерял преимущества на выделенных полосах из-за их заполнения электромобилями, в связи с этим значительно повысилась привлекательность поездок на личном автотранспорте, что привело к росту автомобилепользования и, соответственно, его негативных последствий – загрязнения окружающей среды, в том числе и электромобилями (например, продуктами истирания протекторов шин и дорожного полотна), дорожно-транспортных происшествий, образования транспортных заторов.

Это означает, что меры по стимулированию использования электромобилей, являясь в целом позитивными с точки зрения снижения воздействия на окружающую среду, ни при каких условиях не должны нарушать приоритет общественного транспорта перед личным.

Пассажирский электрический транспорт общего пользования. Электрический пассажирский транспорт общего пользования получил значительное развитие во многих странах.

В Российской Федерации городской электротранспорт общего пользования включает такие виды транспорта, как метро, городская электричка, трамвай (в т. ч. скоростной), троллейбус и электробус (иногда также монорельс, канатная дорога).

В таблице 5.1 представлены характеристики системы наземного городского электрического транспорта в некоторых крупнейших городах Российской Федерации.

Городской электротранспорт общего пользования имеет ряд существенных преимуществ перед наиболее распространенным видом наземного пассажирского транспорта общего пользования – автобусами с дизельными и газовыми двигателями. К ним относятся:

- отсутствие выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами ДВС (правда в случае троллейбусов и электробусов остаются «выбросы» твердых частиц от износа шин, дорожного покрытия, а также выбросы от систем автономного подогрева салона);
- более низкий уровень внешнего шума;
- возможность более энергоэффективной эксплуатации подвижного состава;
- повышенная надёжность транспортных средств;
- максимальная тяга двигателя при любой скорости;
- более низкая стоимость эксплуатации подвижного состава.

Городской **рельсовый** наземный пассажирский электротранспорт дополнительно имеет следующие преимущества [215]:

- высокую провозную способность;
- более низкие эксплуатационные затраты за счет:
 - более низкого удельного энергопотребления (за счёт снижения трения при движении, более экономичных режимов движения);
 - меньшей потребности в персонале из расчета на 1 пассажира;
- во многих случаях – обеспечение движения только по выделенной инфраструктуре (за счёт конструкций пути железнодорожного типа);
- более высокая безопасность движения (меньше маневров, отсутствие постороннего транспорта на пути, в 4 раза меньше дорожно-транспортных происшествий в расчете на одного пассажира).

Таблица 5.1

Характеристики наземного городского электрического транспорта в некоторых крупнейших городах Российской Федерации (кроме столиц) в 2018 – 2019 годах (данные НИИАТ, МАДИ, местных органов власти)

Город	Трамваи				Троллейбусы				Транспортная работа, млрд пасс.-км
	Количество маршрутов	Длина маршрутов, км	Количество трамвайных вагонов, единиц	Транспортная работа, млрд пасс.-км	Количество маршрутов	Длина маршрутов, км	Длина троллейбусных линий, км	Количество троллейбусов, единиц	
Волгоград, в т.ч. - метрограм	13	135	380	0,4190	5	159	159	202	0,1670
Воронеж	-	-	-	-	4	-	-	31	0,0256
Екатеринбург	31	185,5	455	0,5017	19	-	168	241	0,2657
Казань	5	120	107	0,1180	10	-	360	200	0,1654
Красноярск	4	28,5	58	0,0639	8	-	147,5	101	0,0835
Нижний Новгород	14	186,9	325	0,3583	16	-	125	183	0,1513
Новосибирск	11	117 (2009)	135	0,1488	14	-	133,4	326	0,2696
Омск	6	60	92	0,1014	8	-	155	131	0,1083
Пермь	8	более 110	144	0,1588	-	-	-	-	-
Ростов-на-Дону	5	62,7	60	0,0662	9	186,6	200,5	66	0,0546
Самара	25	168,2	423	0,4664	15	-	211,6	237	0,1960
Уфа	6	-	148	0,1632	13	-	161	174	0,1439
Челябинск	14	68,7	292	0,3219	13	541,5	84,6	228	0,1885

Как отмечено А.С. Морозовым [3], «городской электротранспорт традиционно рассматривается отдельно от автобусного транспорта, как с точки зрения привязки к инфраструктуре, так и с точки зрения общих технологий его обслуживания, принципиально отличающихся от технологии обслуживания автотранспорта с двигателем внутреннего сгорания».

В современной мировой практике (по данным МСОТ – Международного союза общественного транспорта) троллейбус причисляют к электрической разновидности автобуса, в то же время трамвай (лёгкий рельсовый транспорт, ЛРТ) более тяготеет к метрополитену. Вид тяги (электрической, дизельной и т. д.) отходит на второй план по сравнению с характеристиками путевой инфраструктуры – степенью обособленности линии городского общественного электротранспорта от полос движения автомобильного потока. Опросы показывают, что городской наземный общественный электротранспорт воспринимается населением как более привлекательный по сравнению с традиционными автобусами, особенно если его эксплуатация осуществляется на выделенной инфраструктуре и позволяет при этом обеспечить высокие стандарты качества транспортного обслуживания. Высокая привлекательность данных видов транспорта для населения обуславливается и более комфортными условиями перевозки – более плавными разгонами и торможениями, меньшим шумом и вибрациями внутри салона. Все это позволяет обеспечить стимулирование снижения использования личного автотранспорта и снизить загрузку улично-дорожной сети.

Традиционное разделение безрельсового наземного городского пассажирского транспорта общего пользования на автобус и троллейбус стирается с появлением электробуса – троллейбуса с возможностью автономного хода. Для работы электробуса достаточно примерно 20 – 25% прохождения трассы под контактной сетью, чтобы успевать зарядиться в движении. В результате значительная часть автобусных маршрутов любого города, где сегодня имеется троллейбусная контактная сеть, может быть преобразована в электробусные без дополнительных издержек.

Раньше применение электротранспорта сдерживалось необходимостью развития электросетевой инфраструктуры, но теперь, благодаря развитию автономного хода троллейбусов, возможна активная замена дизельных автобусов электробусами (с динамической зарядкой от контактной троллейбусной сети при ее наличии) без существенных капиталовложений (возможно, с усилением только мощности подстанций).

Существенным вопросом стимулирования увеличения доли электрического транспорта в пассажирских перевозках в городах является регулирование тарифов на электроэнергию для городского электротранспорта (трамвая, троллейбуса, электробуса, метрополитена). Сегодня в ряде стран, например, в Российской Федерации, отпуск электроэнергии для предприятий электротранспорта осуществляется по ценам для промышленных

предприятий, с учетом расходов на предельную потребляемую мощность. Если для промышленности такое тарифообразование эффективно стимулирует сглаживание пиков потребления, то для городского электротранспорта сглаживание пиков потребления не происходит, так как пики потребления являются объективным свойством городских перевозок. Учитывая, что единственным конечным потребителем услуг городского электротранспорта является население, а также в связи с ролью городского транспорта как системы жизнеобеспечения, представляется целесообразным введение специальных пониженных тарифов на электроэнергию для городского электрического транспорта – например, установление тарифа на электроэнергию на уровне тарифов для населения. Такие меры уже применялись в некоторых странах.

Как отмечено в [3], существовавшая ранее дезинтеграция видов городского ПТОП сегодня во многих странах устраняется путём создания мультимодальных городских транспортных систем (например, за счет строительства тоннелей и совмещенных подземных станций для железнодорожного транспорта и трамвая аналогично метрополитену, с применением единых билетов для всех видов транспорта (билет действителен, например, в течение 90 минут) без ограничения числа пересадок и организации высококачественного обслуживания маршрутов.

Успешным примером такого решения является организация высокочастотного (с интервалами порядка 5 минут) железнодорожного внутригородского сообщения по единым с метрополитеном билетам и с бесплатными пересадками между обоими видами транспорта в течение дня на Московском центральном кольце. Таким образом осуществлена интеграция железнодорожного транспорта в общегородские перевозки ПТОП.

При планировании городских систем ПТОП очень важно принимать экономически обоснованные решения о виде используемого городского пассажирского транспорта. В городах, где пассажиропотоки невелики и составляют менее 500 пасс./ч, строительство линий городского электротранспорта (даже троллейбусной линии) экономически не оправдано, поэтому в этих условиях наибольшее число городских и агломерационных маршрутов по-прежнему остается за автобусом (или электробусом). При пассажиропотоках от 500 до 1–1,5 тыс. пасс./ч оптимально использование троллейбусов. При более высоких пассажиропотоках целесообразно использование трамвая. При потоках свыше 18 тыс. пасс./ч участок трамвайной линии должен проходить без пересечений в одном уровне (на эстакаде или в тоннеле).

Примеры развития трамвайного сообщения в городах [Бушуд, 3].

Трамваи переживают период второго рождения во всем регионе ЕЭК ООН. В Западной Европе развитие трамвайных путей было возобновлено в 80-х годах прошлого века. Это происходит во многих крупных европейских городах (например, во Франции – в г. Нант, Гренобль или Страсбург). В Восточной Европе также происходят аналогичные изменения. В городах, в которых все еще работают старые трамваи, таких как Бухарест, активно прорабатываются варианты их замены на более современный подвижной состав. В Российской Федерации во многих крупных городах ведутся работы по реконструкции и модернизации трамваев и трамвайных путей. В Азербайджане, в городе Баку также планируется создание новой трамвайной сети.

В некоторых случаях трамвай, как и городские железные дороги, способен в качестве магистрального вида транспорта влиять на городское развитие, а именно выступать катализатором развития городских территорий, ориентированного на использование общественного транспорта (транзитно-ориентированное развитие). Так, в г. Базеле (Швейцария) на месте бывшей фабрики в Клибеке был построен новый район приблизительно с 5 000 рабочими местами. Планируется, что в будущем в нем будут проживать 10 000 человек. Данный район был создан благодаря новой трамвайной линии, известной как Tram Klybeck.

Решение о создании новой линии трамвая было принято на ранних стадиях планирования. Это сопровождалось созданием комплексной системы скоростного общественного транспорта на базе системы трамвайного сообщения в масштабах швейцарских городов, кантонов и трех соседних стран (Швейцария, Франция и Германия), в основе которой лежала программа Трамвайная сеть региона – города Базель – 2020 (Tram Network Region Basel, 2020). Меньше чем за десятилетие данная комплексная политика мобильности и развития, связанная с крупномасштабным городским инновационным проектом IVA Basel, соединяющим Швейцарию, Германию и Францию, смогла доказать свою эффективность в качестве катализатора устойчивого городского развития.

В нескольких тысячах километров от Базеля, в Центральной Азии, в Узбекистане изучается возможность восстановления трамвайных линий, например, в г. Самарканде, втором по величине городе страны, который следует плану развития интермодальности и транзитно-ориентированного развития.

Примеры современного подвижного состава городского электрического транспорта общего пользования, используемого в городах Российской Федерации, показаны на рисунке 5.7 (см. цветную вклейку).

Электробусы. Современные электробусы могут быть подразделены на 4 группы в зависимости от технологии электроснабжения силового агрегата и вспомогательных систем (с подзарядкой в движении – *In-Motion-Charging*; с подзарядкой в определенных точках маршрута – *Opportunity* –

Charging; с подзарядкой в депо/на конечной станции – *OverNight-Charging*; с питанием от топливных элементов – *Fuel Cell Hybrid*). Еще одним видом электробусов можно считать троллейбус с автономным ходом (рисунок 5.8).



Источник: ТрансФото, <https://transphoto.org/>

Рис. 5.8. Троллейбус с автономным ходом

Обновленная версия троллейбуса с автономным ходом «Адмирал» сохранила яркий узнаваемый дизайн, при этом с учетом опыта эксплуатации была переработана эргономика салона и места водителя. Выразительные линии кабины и кузова подчеркнуты контурно подсветкой. Троллейбус создан с учетом разных климатических зон. Благодаря применению современных комплектующих, температурный режим, при котором троллейбус сохранит работоспособность, составляет от +40 до -40 градусов. Запас автономного хода, в зависимости от погодных и дорожных условий, будет составлять минимум 20 километров.

В 2021 году мировой парк электробусов по данным Международного энергетического агентства (IEA) составил 670 000 единиц, что составляет 4% от общего парка автобусов. Регистрации новых электробусов в 2021 году возросли в Китае, Европе и Соединенных Штатах на 40% по сравнению с предыдущим годом. Как и в предыдущие годы, на рынке электробусов доминирует Китай и число новых регистраций электробусов в этой стране продолжает расти. Однако примерно с 2018 года продажи электробусов в Соединенных Штатах и в Европе также устойчиво растут и подымают существующее доминирование Китая на мировом рынке (рисунок 5.9, см. цветную вклейку). Индия завершает тендер на поставку более 5 500 электробусов, что должно превратить ее в один из крупнейших в мире

рынков электробусов. Увеличение продаж электробусов в таких странах, как Франция, Германия, Испания и Соединенное Королевство, можно объяснить национальными и/или городскими целями по переходу к государственным закупкам только автобусов с нулевым уровнем выбросов, а также принятием Директивы ЕС о чистых транспортных средствах. Количество электробусов в Российской Федерации превысило 1 000 единиц, подавляющее число которых эксплуатируется в г. Москве (рисунок 5.10). Ожидается, что в ближайшие годы производители продолжат наращивать производство электробусов и диверсифицировать свою продукцию. К 2027 г. ожидается следующее распределение рынка электробусов: Азиатско-Тихоокеанский регион – 57%; Европа – 14%; Северная Америка – 12%; Южная Америка – 10%; Ближний Восток и Африка – 7%. Как ожидается, ведущими производителями электробусов к 2027 году на глобальном рынке будут выступать компании BYD и Yutong (Китай), CAF (Solaris) (Испания), VDL Groep (Нидерланды) и АВ Volvo (Швеция) [216]. Ведущими российскими производителями в настоящее время являются «Группа ГАЗ», КАМАЗ и Volgabus.

Использование электробусов дает много дополнительных преимуществ по сравнению с автобусами, имеющими двигатели внутреннего сгорания. Они более привлекательны и комфортны, не требуют инвестиций в заправочную инфраструктуру, не дают выбросов загрязняющих веществ при их эксплуатации, могут работать на возобновляемой энергии местного производства и обеспечивать энергетический суверенитет, тем самым сокращая потребление нефтепродуктов.

Суть тенденции электрификации автобусного транспорта ясна: чем раньше города перейдут к использованию автобусов с нулевым уровнем выбросов, тем лучше. Чтобы ускорить этот переход, администрации городов, органы управления транспортом и операторы общественного транспорта должны:

- приступить к массовой закупке электрических автобусов, чтобы заменить ими стареющий и загрязняющий окружающую среду существующий автобусный парк, тем самым внося свой вклад в решение одной из самых серьезных проблем века;
- сформировать заказ на производство электробусов и представить его производителям с целью наращивания масштабов их производства, что, в свою очередь, приведет к снижению цен;
- применять подход, ориентированный на совокупную стоимость владения (ССВ), то есть отойти от авансовых платежей в пользу лизинговых или кредитных платежей с учетом долговечности актива в течение длительного периода времени;
- искать и поощрять новые механизмы финансирования обновления автобусного парка со стороны финансовых учреждений.



Рис. 5.10. Подзарядка электробуса в г. Москве

5.5. Городские грузовые перевозки и городская логистика

Перевозки грузов являются важнейшим элементом обеспечения экономической жизни городов. В то же время движение грузового автотранспорта оказывает существенное влияние на устойчивость городских транспортных систем, влияя на загрузку дорог, дорожно-транспортную аварийность и внося существенный вклад в объемы выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов.

При разработке конкретных методов организации транспортных процессов в городах (наряду с управлением пассажирскими перевозками) необходимо принимать во внимание и управление грузовыми перевозками в рамках городской логистики. Каждый из этих видов перевозок формирует свои потоки транспортных средств, которые, имея свои особенности, в конечном итоге функционируют в единой транспортной системе и на одной улично-дорожной сети. Несмотря на то, что грузовые перевозки составляют от 10 до 15% всех перевозок, именно с их помощью осуществляются все необходимые поставки в черте города: поставки товаров в разные точки розничной торговли и в торговые сети; поставка скоропортящихся продуктов для ресторанов, кафе, рынков; поставка товаров на дом; поставка строительных материалов; доставка нефтепродуктов; сбор мусора и отходов; обеспечение ремонта и содержания дорог [217].

Масштабы распределения товарных грузопотоков ставят перед городами задачу их правильной организации. При разработке мероприятий по оптимизации товародвижения необходимо учитывать не только задачи обе-

спечения бесперебойного движения транспортных средств и своевременной доставки товаров в места назначения, но и воздействие грузового автотранспорта на окружающую среду, а также формирование имиджа города. Грузовые автомобили, как правило сейчас оснащенные дизельными двигателями, имеют существенно большие удельные выбросы загрязняющих веществ и в значительной степени способствуют глобальному потеплению. Несмотря на то, что в Европейском Союзе на долю грузовых автомобилей приходится лишь 5% всех транспортных средств (в России – около 13,5%), они являются источником 22% выбросов CO₂. Ожидается, что этот показатель продолжит рост. Согласно прогнозам, в период с 2010 по 2050 гг. объем автомобильных грузовых перевозок в странах ЕС увеличится на 56%.

Необходимость переосмысления и рационализации городской грузовой логистики стремительно выходит на первый план в силу взрывного роста количества и объемов грузовых перевозок (что только усугубляется ростом онлайн-торговли), а также в связи с растущим пониманием широкой общественностью негативных экологических и социальных последствий доставок товаров в городские центры на транспортных средствах, работающих на углеводородном топливе.

Городская грузовая логистика представляет собой сложный объект управления: помимо неоднородности перевозимых товаров и используемых видов транспорта, в процессы городской грузовой логистики вовлечено также множество заинтересованных сторон (региональные и местные органы власти и управления транспортом, транспортные компании, грузоотправители и грузополучатели), у каждой из которых могут быть различные интересы и большинство из которых преимущественно не имеет общего понимания статуса-кво, приоритетов и наиболее подходящих механизмов действия.

Местные власти могут быть заинтересованы в сокращении уровня заборов, загрязнения окружающей среды и шума, а транспортные компании, даже те, которые готовы внести свой вклад в достижение целей городской мобильности, тем самым также улучшая свой имидж, будут в основном мотивированы возможностями сохранения клиентуры, сокращением своих транспортных расходов или повышением уровня сервиса. Сложный характер городской логистики во многих случаях может приводить к принятию частных, неоптимальных или даже контрпродуктивных решений или подходов.

Создание продуманной стратегии городской грузовой логистической схемы требует внимательного изучения нескольких аспектов. Успех реформ городской грузовой логистики главным образом зависит от властей, которые должны определить приоритеты, прежде чем выбирать наиболее подходящие механизмы действия для достижения поставленных целей. Несмотря на очевидное желание ввести ограничения на въезд в город грузови-

ков большой и средней грузоподъемности, городские власти, как правило, стремятся одновременно избегать обвинений в том, что они наносят ущерб экономике города, повышая расходы транспортных компаний, в результате чего снижается уровень обслуживания городской экономики. Разработка подобных мер должна осуществляться совместно с транспортными компаниями, а также с грузоотправителями/грузополучателями в рамках общей городской стратегии.

Городская логистическая стратегия обычно может способствовать достижению нескольких целей, на каждую из которых могут влиять различные факторы (причем некоторые из них могут иметь разнонаправленное действие), что требует тщательного определения приоритетов транспортной политики, в качестве которых могут выступать:

- снижение транспортной загруженности городских автомагистралей, на которую влияют пройденное грузовыми автомобилями расстояние, их грузоподъемность и длина, а также наличие возможностей остановки в местах погрузки/разгрузки;

- сокращение общего количества грузовых автомобилей в городе, на которое влияют объемы и структура грузопотоков, грузоподъемность транспортных средств и коэффициент ее использования;

- снижение уровня загрязнения окружающей среды (например, выбросов CO₂/NO_x и твердых частиц) и транспортного шума в зависимости от типа используемых транспортных средств, пройденного ими расстояния и режимов движения;

- развитие местной экономики и качество обслуживания субъектов бизнеса;

- содействие реализации жилищной политики (увеличение жилых площадей в черте города) за счет созданной логистической инфраструктуры в центре города и на других городских территориях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексный подход к городскому транспорту способствует более эффективному достижению Повестки дня на период до 2030 года и Парижского соглашения. Повышение устойчивости транспортных систем требует принятия и реализации всеобъемлющего и комплексного подхода, основанного на четко определенных целях и мерах в области транспортной, экономической и градостроительной политики, а также социальной сплоченности. В центре внимания комплексного подхода находятся люди и их потребности. Важнейшую роль играет интеграция транспортного планирования и планирования землепользования. Комплексный подход способен предотвратить разрастание городов и способствовать развитию т. н. эко-плотности (EcoDensity)²⁴. Принцип «избегай – смещай – улучшай» должен лечь в основу интеграции транспортного и городского планирования и проведения мероприятий по управлению спросом, базируясь на следующих базовых элементах:

- развитие компактных, плотных и ориентированных на использование общественного транспорта городских районов в сочетании со стимулированием смешанного землепользования, которые сокращают потребность в поездках («избегать»);
- развитие пассажирского транспорта общего пользования и городских районов, ориентированных на активную мобильность, способствует переходу при поездках к использованию более чистых и здоровых видов транспорта («смещать»);
- разработка и адаптация новых перевозочных технологий, совершенствование транспортной инфраструктуры, которые способствуют улучшению городской транспортной системы («улучшать»).

Поскольку общественный транспорт является одним из ключевых элементов «города, пригодного для жизни», в городской стратегии необходимо уделять приоритетное внимание совершенствованию общественного транспорта и выделению на эту цель достаточных финансовых средств. Более устойчивое развитие транспорта предполагает: а) замену загрязняющих

²⁴ Инициатива EcoDensity была официально запущена в 2006 году в Ванкувере, Британская Колумбия, Канада, совместно со Всемирным форумом городов [218]. Это была попытка планирования и ответ на децентрацию городского землепользования из-за разрастания городов. Инициатива использовала плотность, дизайн и землепользование в качестве катализаторов для обеспечения пригодности городов для жизни, доступности по цене и экологической устойчивости. Программа была направлена на снижение зависимости от автомобилей, обеспечение более эффективного использования городских земель, улучшение систем зеленой энергетики и создание устойчивого и адаптируемого сообщества. В городских районах с высокой плотностью населения использование существующей инфраструктуры, транспортных средств и общественных удобств, как правило, приводит к более устойчивому и пригодному для жизни состоянию [219, 220, 221] Соответственно эко-плотность была разработана для стратегического усиления уплотнения с основной целью создания эффективно структурированных районов, более плотной городской структуры и увеличения доступности жилья [222, 223].

окружающую среду автобусных парков; б) стимулирование развития электромобильности; в) развитие современных видов городского электрического транспорта общего пользования (трамвая, метро, городской железной дороги, электробусов и троллейбусов) и интермодальных пересадочных узлов; г) разработку соответствующей политики в области землепользования.

Активная мобильность – ключевой элемент здорового города. Стимулирование пешеходного и велосипедного движения должно происходить не только в городских центрах, а в гораздо большем масштабе в сочетании с другими видами транспорта, особенно с пассажирским транспортом общего пользования. В городах необходимо создавать удобные для пользователей интермодальные хабы, а также инфраструктуру для поощрения пешеходного и велосипедного движения. Такие инициативы, как сеть ВОЗ «Здоровые города», должны уделять больше внимания таким ключевым факторам, как транспорт и мобильность.

Развитие качественного общественного транспорта и инфраструктуры, которые будут способствовать активной мобильности, является эффективной практикой для повышения уровня жизни в городах и обеспечения доступа к рынкам при одновременном повышении уровня благополучия населения.

В городах наблюдается появление нового поколения Интеллектуальных транспортных систем, которые развиваются за счет финансовых и технологических возможностей, открываемых цифровизацией.

Городские транспортные системы становятся все более сложными. Наряду с развитием существующих государственных, частных, коллективных и индивидуальных систем мобильности, систем мобильности совместного пользования, а с недавнего времени – систем мобильности с использованием автономных транспортных средств, остается крайне актуальным вопрос об организации в городах общественных пространств, а также о необходимости более прозрачных процессов принятия решений в сферах землепользования и градостроительства. Ответственные за принятие решений лица должны развивать новые навыки, разрабатывать новые подходы и извлекать максимум пользы из текущей технологической и социальной ситуации. Они также должны работать в рамках различных партнерств с целью осуществления комплексной и межсекторальной политики мобильности.

Наряду с пассажирскими перевозками, в рамках комплексного подхода следует уделять внимание и грузовым перевозкам с тем, чтобы у данной сферы перевозок был доступ к рынкам без негативного влияния на удобство проживания в городских районах. Реализация такого комплексного подхода требует развития необходимых навыков у специалистов по планированию городов и мобильности, а также практиков; они должны прогнозировать и оценивать риски, связанные с внедрением новых технологий – мобильностью совместного пользования и автоматизацией вождения.

Разработка эффективной политики в области городской мобильности и территориального планирования требует участия в процессах принятия решений широкого круга заинтересованных сторон, начиная от муниципальных органов власти, органов территориального планирования, застройщиков жилья и транспортных операторов, органов здравоохранения и общественных лидеров и заканчивая городским населением и жителями пригородов, которые являются основными бенефициарами развития городской жилищной и транспортной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пахомова Н.В., Рихтер К.К. Экономика природопользования и охраны окружающей среды. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2000. – 220 с.
2. Автомобильный транспорт: факты и цифры. Насколько безопасен современный транспорт для здоровья людей и окружающей среды // Miriam Gerlofs-Nijland, Brigit Staatsen, Loes Geelen, Yonne Mulder, Virginia Fuse, Nino Sharashidze, Nicholas Bonvoisin, Amy Kin Mee Choi, and Mario Fruianu. – Правительство Нидерландов. – THE PEP e-magazine, ОПТОСОЗ. – 2021.
3. A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning. Promoting Active Mobility. / UN ECE. – G., 2020. – 234 p.
4. Россия автомобильная. На чем и как ездят водители в РФ// «Коммерсант». – номер от 27.09.21 г.
5. Обеспеченность автомобилями в крупнейших городах России. ТОП 20 [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/press-releases/46332/>
6. Назван средний пробег автомобиля по России в год [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://news.drom.ru/>
7. Ангел, Шломо. 2011. «Освобождает место для Планеты городов». 978-1-55844-212-2. Серия докладов о фокусе политики. Кембридж: Линкольнский институт земельной политики. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://www.lincolnst.edu/sites/default/files/pubfiles/making-room-for-a-planet-of-cities-full_0.pdf.
8. Департамент по экономическим и социальным вопросам, Отдел народонаселения. 2015. «Перспективы мировой урбанизации: Редакция 2014 года». ST/ESA/SER.A/366. Организация Объединенных Наций.
9. «Хабитат III: Новая программа развития городов». 2016 год. Кито: ООН. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/Хабитат-III-Новая-Городская - Повестка дня-10-Сентября-2016.pdf>.
10. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. 2015. A/RES/70/1.
11. Коммюнике Форума мэров городов U20, май 2019 года.
12. Arthur D. The Future of Urban Mobility 2.0// Little Lab and International Association of Public Transport (UITP). – 2014.
13. Delivering Inclusive Access. A Framework to Guide Researchers, Policymakers and Practitioners Working in Urban Transport. Moving to Access Brookings / J. Gutman, A. Tomer, J. Kane, N. Patel, R. Shivaram. –2017.
14. Соотношение доходов 10% самых бедных и самых богатых граждан в России и других странах мира в 2022 году [Эл. ресурс] – Режим доступа: bs-life.ru.

15. Keefer, Philip, and Stephen Knack Polarization Politics and Property Rights: Links Between Inequality and Growth // *Public Choice*. – 2002. – Vol.111(1-2). – P. 127-154. – doi:10.1023/A:1015168000336.

16. Directorate General for Mobility and Transport // European Commission [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility_en.

17. Управление заторами в городах. Центр транспортных исследований ЕКМТ-ОЭСР, 2007. Русский перевод 2019, Издательство ООО «ИПК КОСТА», 2020.

18. Traffic Congestion in Europe: Report of Round Table 110 // European Conference of Ministers of Transport. – 1999.

19. VCEC (2006). Making the Right Choices: Options for Managing Transport Congestion, Draft Full Report, Victoria Competition and Efficiency Commission, Government of the State of Victoria, Melbourne, с. XVI.

20. Филиппова Р.В. Экономическая оценка издержек, связанных со временем транспортных передвижений городского населения: дисс. на соискание ученой степени канд. эконом. Наук. – М., 2020.

21. Steering Committee of the Transport, Health and Environment Pan-European Programme, High-level Meeting on Transport, Health and Environment, sixteenth session, Geneva, 12–14 December 2018, Draft declaration of the Fifth High-level Meeting on Transport, Health and Environment: Green and healthy mobility for happiness and prosperity.

22. Ambitious road safety targets and the safe system approach // IFT. – 2008.

23. The Safe System - Towards Zero Foundation. What is the safe system. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.towardszerofoundation.org/the-safe-system>

24. Road Safety Manual. A manual for practitioners and decision makers on implementing safe system infrastructure [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://roadsafety.piarc.org/en/road-safety-management/safe-system-approach>

25. Peter Larsson and Claes Tingvall The Safe System Approach – A Road Safety Strategy Based on Human Factors Principles. D. Harris (Ed.) EPCE/HC112013. Part II. LNAT 8020. – 2013. – P. 19-28.

26. Fred Wegman, Atze Dijkstra and others Sustainable Safety in the Netherlands: Evaluation of National Road Safety Program. – Jan. 2006.

27. Fred Wegman Safe systems [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=E3Vq9oQdlZE>

28. Fred Wegman The Good, the Bad and ... the potential for improvement // SWOV Institute for Road Safety Research. – The Netherlands. OECD/ITF. – 2008.

29. Sustainable and Safe. A Vision and Guideline for Zero Road Deaths. WRI – GRSF. EMBARQ. WRI.ORG/WORCDBANK.ORG/GRSF in collaboration

with Bloomberg Philanthropies, FIA Foundation.

30. Speeding. Probability of death at different impact speeds. / Ministry of Transport. New Zealand. Crash Factsheet. – 2012.

31. Материалы заседания Госсовета по вопросам развития сети автомобильных дорог и обеспечения безопасности дорожного движения. – Москва, 26 июня 2019 г.

32. Донченко В. В., Шаров М. И., Чижова В. С. Введение зон с низким уровнем выбросов в городах, как эффективный инструмент реализации концепции обеспечения экологической устойчивости транспортных систем // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – № 1(60). – С. 106–112. – Библиогр.: с.112.

33. Шелмаков С.В. Экологическая сертификация автотранспортных средств // Учебное пособие МАДИ-ТУ. – Москва, 2021.

34. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденный решением комиссии Таможенного Союза Евразийского экономического сообщества от 09.12.2011 № 877.

35. Don't Breathe Here: Tackling air pollution from vehicles // Transport Environment. – 14 September 2015.

36. Regulation // The European Parliament and the Council of the European Union. – 2007. P. 5–9.

37. Ewing J., Davenport C. Volkswagen to Stop Sales of Diesel Cars Involved in Recall // The New York Times. – 2015.

38. Kirk, Ashley Volkswagen emissions scandal: Which other cars fail to meet pollution safety limits? // Telegraph.co.uk. Archived from the original on 12 January 2022.

39. Real Driving Emissions [Эл. ресурс] – Режим доступа: real-driving-emissions.eu (domainname.de). – 2015.

40. Rapid detection of high-emitting vehicles by on-road remote sensing technology improves urban air quality / Yuhan Huang, Casey K. C. Lee, Yat-Shing Yam, Wai-Chuen Mok, John L. Zhou, Yuan Zhuang, Nic C. Surawski, Bruce Organ, Edward F. C. Chan. – 2022.

41. On-road emission measurements of reactive nitrogen compounds from heavy-duty diesel trucks in China / He L., Zhang S., Hu J., Li Z., Zheng X., Cao Y., Xu G., Yan M., Y. Wu Y. – 2020. –Vol. 262. – 114280.

42. High-mileage light-duty fleet vehicle emissions: Their potentially overlooked importance / Bishop G. A., Stedman D. H., Burgard D. A., Atkinson O. – Environ. Sci. Technol. – 2016. – Vol. 50. – P. 5405–5411.

43. Remote sensing of motor vehicle emissions in Seoul. – November 2021.

44. Rapid detection of high-emitting vehicles by on-road remote sensing technology improves urban air quality / Yuhan Huang, Casey K. Lee C., Yat-

Shing Yam, Wai-Chuen Mok, John L. Zhou, Yuan Zhuang, Nic C. Surawski, Bruce Organ, Edward F. C. Chan. – 2022.

45. Remote sensing of on-road vehicle emissions: Mechanism, applications and a case study from Hong Kong / Huang Y., Organ B., Zhou J. L., Surawski N. C., Hong G., Chan E. F. C., Yam Y. S. – 2018. – *Atmos. Environ.* – Vol. 182. – P. 58–74.

46. Jens Borken-Kleefeld and Tim Dallmann Remote sensing of motor vehicle exhaust emissions. – February 2018.

47. Borken-Kleefeld J., Dallmann T. Remote sensing of motor vehicle exhaust emission// International Council on Clean Transportation (ICCT). – 2018. – URL: https://www.researchgate.net/publication/323019832_remote_sensing_of_motor_vehicle_exhaust_emissions.

48. Организация экологического контроля на автомобильном транспорте на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов / Донченко В.В., Чижова В.С., Недре А.Ю., Азаров В.Н. – *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2022. – вып. 3(88).

49. Impacts and mitigation of excess diesel-related NO_x emissions in 11 major vehicle markets / Anenberg S. C., Miller J., Minjares R., Du L., Henze D. K., Lacey F., Malley C. S., Emberson L., Franco V., Klimont Z., Heyes C. // *Nature*. – 2007. – Vol. 545. – P. 467–471.

50. A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015 / Anenberg S., Miller J., Henze D., Minjares R. // *The International Council on Clean Transportation*. – 2019.

51. Методические указания по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом [Эл. ресурс] – Режим доступа: http://www.infosait.ru/norma_doc/11/11099/.

52. European Environment Agency [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook> – 2016.

53. Методические рекомендации по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт) приложение к распоряжению Росприроднадзора от 13.12.2019 № 37-Р.

54. Приказ Минприроды России от 27.11.2019 № 804 «Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха»: официальный сайт. [Эл. ресурс]. – Москва. – Режим доступа: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-27.11.2019-N-804/>.

55. Методы расчёта выбросов от автотранспорта и результаты их применения / В. В. Донченко, Ю. И. Кунин, А. В. Рузский, В. А. Виженский // *Журнал автомобильных инженеров*. – 2014. – № 3 (86). – С. 44–51. Библио-

гр.: с. 51.

56. Чижова, В. С., Пыжова Е. А. Обзор методик расчета выбросов взвешенных частиц PM10 и PM2,5 в атмосферный воздух дорожно-транспортным комплексом на территориях крупных городов // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2021. – 3 – С. 18–25. Библиогр.: с. 25.

57. Донченко В.В., Кунин Ю.И. и др. Перспективы внедрения в Российской Федерации системы «эко-маркировки» вновь регистрируемых и эксплуатируемых автотранспортных средств. Проект ПРООН-ГЭФ –Минтранс России 00080462 «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России», Москва, ОАО «НИИАТ», 2016.

58. Разработка сценариев низкоуглеродного развития автомобильного транспорта в Российской Федерации, включая города Российской Федерации с населением более 1 миллиона человек / Трофименко Ю.В., Донченко В.В., Рузский А.В., Комков В.И.: Отчет о научно-исследовательской работе. Этап 1. – Greenpeace. – АО «НЦТИ». – Москва. – 2020.

59. Методические рекомендации по разработке Документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным и межмуниципальным маршрутам автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. / Минтранс России. – утверждены 30 июня 2020 г.

60. В США ужесточат нормы выбросов CO₂ для тяжелых грузовиков [Эл. ресурс]. – 22 сентября 2022. – Режим доступа: В США ужесточат нормы выбросов CO₂ для тяжелых грузовиков (csn-tv.ru).

61. Federal Regulations. Title 40: Protection of Environment/ Part 1037 – Control of Emission from New Heavy-Duty Motor Vehicles.

62. Вучик, В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – М.: Территория будущего, 2011.

63. Экологический стандарт «Евро-7» может поставить крест на машинах с ДВС [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://news.drom.ru/81942.html>.

64. Руководство по принятию решений. Разработка стратегий устойчивого развития землепользования и транспорта в городах. / Мэй Э.Д., Карлстром А., Мэттьюс Б. и др., // Библиотека транспортного инженера АТИ. «Коста». – СПб. – 2018.

65. The EU Sustainable Development Strategy: A framework for indicators. 6th Meeting of the ESS Task Force on Methodological Issues for Sustainable Development Indicators, Brussels, Belgium.

66. Донченко В.В. Проблемы обеспечения устойчивости функционирования городских транспортных систем. – ИКФ «Каталог». – М., 2005.

67. UNECE, Sustainable urban mobility and public transport in ECE capitals, New York, Geneva, 2015.

68. Dobranskyte-Niskota A., Perujo A. and Pregl M. Indicators to Assess

Sustainability of Transport Activities. – Ispra: JRC Scientific and Technical Reports, 2007. – 52 p.

69. Global Liveability Ranking 2016 [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.eiu.com.

70. Quality of Life Index by City 2021 [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.numbeo.com.

71. Getzoff M. World's Best Cities To Live In 2020 // Global Finance Magazine. 2022. 2 p.

72. Quality of Life in Cities – Research Aspects / Milivojević J., Cvetić T., Kokić Arsić A., Nikolić N. – 2nd International conference on Quality of Life. Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, 2017. – 112 p.

73. Самойлов Д.С. Подвижность населения // Городской транспорт. – 2-е изд. 1983. С. 161–164.

74. Cervero R., Guerra E., and Al S. Beyond Mobility. Planning Cities for People and Places. – Washington-Covelo-London: IslandPress, 2017. – 278 с.

75. Блинкин М.Я. и др. Транспортное поведение населения России: краткий отчет об исследовании. – М.: Институт экономики транспорта и транспортной политики НИУ ВШЭ, 2015. – 27 с.

76. Методы изучения подвижности населения / Гизатуллин Р.Р., Демчук О.А. [и др]. – СПб.: Тематический обзор Ассоциации транспортных инженеров АТИ, 2018. – № 4.

77. Емельяненко В. Росстат: Городским общественным транспортом пользуется меньше половины россиян, [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://rg.ru/2021/09/17/rosstat-gorodskim-obshchestvennym-transportom-polzuetsia-menshe-poloviny-rossiian.html>.

78. «Коронавирус не сократил время поездки на работу в Москве и Санкт-Петербурге». [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.superjob.ru/research/articles/112501/koronavirus-ne-sokratil-vremya-poezdki>.

79. Дорога на работу: общественным транспортом быстрее всего в Тольятти, личным – в Сочи, [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.superjob.ru/research/articles/112250/doroga-na-rabotu/>.

80. Опрос показал, что более четверти россиян имеют велосипеды, [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/665911>.

81. Исследования компании Яндекс. Дом – работа, работа – Дом. Дата обращения: 6 декабря 2016 года. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://yandex.ru/company/resarches/2016/home_work.

82. Городское планирование и транспортное поведение в Российской Федерации / Донченко В.В., Баранов А.С., Немчинов Д.М., Поляков А.С. – М.: материалы Круглого стола МТФ, Минтранс РФ - ОАО «НИИАТ», «КнигИздат». 2022. – 162 с.

83. Петербуржцы чаще москвичей хотят ездить на работу на вело-

сипеде. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.superjob.ru/research/articles/112948/peterburzhcy-chasche-moskvichej-hotyat>.

84. Sinha K., Labi S. *Transportation Decision-Making. Principles of Project Evaluation and Programming.* – John Wiley and Sons Inc. – 2007. – 576 p.

85. Методы изучения подвижности населения / Гизатуллин Р.Р., Демчук О.А. [и др]. – СПб.: Тематический обзор Ассоциации транспортных инженеров АТИ, 2018. – №4.

86. Стандарт комплексного развития территорий. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--plai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/>.

87. Значение пассажирского транспорта в жизни общества [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.transportall.ru.

88. Основы транспортного моделирования. Практическое пособие. Библиотека транспортного инженера / Горев А.Э., Бёттгер К., Прохоров Р.Р., Гизатуллин Р.Р. – СПб.: Международная ассоциация транспортных инженеров. «Коста». 2015.

89. Словарь терминов МЧС: Транспорт / EdwART. – 2010.

90. Кондратьев В.В. Большая российская энциклопедия 2004-2017. [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.bigenc.ru.

91. Silva C., Larson A., *Challenges for Accessibility Planning and Research in the Context of Sustainable Mobility*, ITF, 2018.

92. Meunier D. *Mobility Practices, Value of Time and Transport Appraisal. Discussion Paper.* – Paris: OECD/ITF. 2020. – 18 p.

93. *ITF Transport Outlook 2017.*: OECD/ITF, [Эл. ресурс] – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108000-en>.

94. Автопилот. М: Коммерсант, 2019.

95. Доклад о реализации Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 2022. – 258 с.

96. *Global Mobility Report 2017; Tackling sector performances.* – Washington.: Sustainable Mobility for All. 2017. – 107 p.

97. Joly I. *Travel Time Budget – Decomposition of the Worldwide Mean.* – Rome: International Association of Time Use Research Annual Conference, ISTAT-Italian National Statistical Institute. 2004.

98. Marchetty C. *Anthropological invariants in travel behavior.* – Technological Forecasting and Social Change. 1994, – P. 75-88.

99. Zahavi Y. *Travel time budget and mobility in urban areas.* – Washington.: US Department of Transportation. 1974.

100. Константа Маркетти, или эволюция городского планирования. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://amusementlogic.ru/2021/11/03/konstanta-marketti-ili-jevoljucija-gorodskogo-planirovanija/>.

101. Mokhtarian P.L., Chen C. *TTB or Not TTB, that is a question: A review*

and analysis of empirical literature on Travel Time (and money) Budget. – *Transp.Res.* 2004. – P. 643-675.

102. Toole-Holt L., Polzin S.E., Pendyala R.M. Two minutes per person per day each year: Exploration of growth in travel time expenditures. – *Transp. Res. Rec.* 2005. – P. 45-53.

103. Cervero R. Beyond travel time saving: an expanded framework for evaluating urban transport projects. – *Transport Research Support, World Bank/DFID.* 2011.

104. Stopher P.R., Zhang Y. Travel time expenditures and travel time budgets – preliminary findings. – *Transp. Res. Board.* 2011.

105. Gallotti R., Bazzani A., Rambaldi S. Understanding the variability of daily travel-time expenditures using GPS trajectory data. 2015.

106. Stephen J. Dubner. The Travel Time Budget. *Freakonomics.* March 16, 2011.

107. Hensher D., Goodwin P. Using Values of Travel Time Savings for Toll Roads. – London: *Transport Policy.* 2004. – 18 p.

108. Mokhtarian P.L, Salomon I. Modeling the desire to telecommute: the importance of attitudinal factors in behavioral models. – *Transportation Research.* 1997.

109. Mokhtarian P., Ory D.T. When is Getting There Half the Fun? Modelling the Link for Travel. – Davis: *Transportation Research Policy and Practice*, vol. 39a, Issue 2-3. 2005. P. 97-124.

110. Noland R. Stimulating Travel Reliability. – *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 28 – №5. 1998.

111. Ushiwaka, K, Kikuchi, A., Kitamura, R. Commuters' Perception of Travel Time and Uncertainty under Congestion Pricing: Exploration of a Six-Week Field Experiment Data. – *International Conference Experiments in Economic Science.*

112. Lam, T., Small, K.A. The Value of Time and Reliability: Measurement from a Value Pricing Experiment. – *Transportation Research Methodological*, Vol. 37e. 2003. – P. 231-251.

113. Bates J. [et al]. The Valuation of Reliability for Personal Travel. – *Transportation Research Methodological*, Vol. 37e. 2001. – № 2-3. – P. 191-230.

114. Hammer R. [et al]. The Value of Reliability in Transport: Provisional Values from the Netherlands Based on Expert Opinion. – *Report TR-240-AVV.* 2005.

115. De Palma A., Fontan C. Enquete MADDIF: Multimotif Adaptee a la Dynamique des Comportements en Ile de France. – Paris: *DRAST research report.* 2000.

116. Brownstone D., Small K. Valuing Time Reliability: Assessing the Evidence from Road Pricing Demonstrations. – *Transportation Research Policy and Practice*, Vol. 39a, Issue 4. 2005.

117. Small K., Winston C., Yan J. Uncovering the Distribution of Motorists' Preferences for Travel Time and Reliability. – *Econometrica*, Vol.73. 2005. – №4 – P. 1367-1382.

118. McKinnon A., Ge Y., McClelland D. Assessment of the Opportunities for Rationalising Road Freight Transport: Final Report. – Edinburgh: Link Research Project 022, Future Integrated Transport Programme, Heriot Watt University. 2004.

119. Weisbrod G., Vary D., Treyz G. Measuring the Economic Costs of Urban Traffic Congestion to business. – Washington: 82th Annual Meeting of the Transportation Research Board, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM. 2003.

120. Hansen, S.L. How accessibility shape land use. // *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 25, № 2. – P. 73-76.

121. A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning. – Geneva: Promoting Active Mobility. UN ECE. 2020.

122. Эбертс Р.У. и Макмиллен Д.П. Экономика агломераций и городская общественная инфраструктура. – Справочник по региональной и городской экономике, Том. 3. 1999. – С. 1455-1499.

123. Delivering Inclusive Access. A Framework to Guide Researchers, Policymakers, and Practitioners Working in Urban Transport. / Gutman J., Tomer A., Kane J., Patel N., and Shivaram R. – Brookings: Moving to Access. 2017.

124. Carruthers R., Dick M., Saurkar A. Affordability of Public Transport in Developing Countries. – Washington: Transport Papers TP-3, World Bank. 2005.

125. Paez A. [at al]. Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators. // *Journal of Transport Geography*.

126. Miller E.J. Accessibility: Measurement and application in transport planning. – *Transport Reviews*, vol. 38. – №5. 2018.

127. Benchmarking Accessibility in Cities. Measuring the Impact of Proximity and Transport Performance. Case-Specific Policy Analysis. – OECD/ITF. 2019.

128. Silva C. and Larson A. Challenges for accessibility planning and research in the context of sustainable mobility. – Paris: Discussion Paper, OECD-ITF. 2018.

129. Vickerman R. [at al]. Broadening Transport Appraisal. Summary and Conclusions. – Paris: Round Table 188, OECD-ITF. 2022.

130. Miller E. Measuring Accessibility. Methods and Issues, Discussion Paper. – Paris: ITF Roundtable 182, International Transport Forum Discussion Papers, OECD Publishing. 2020.

131. Papaioannou D., Wagner N. Benchmarking Accessibility in Cities. Measuring the Impact of Proximity and Transport Performances. – Case-Specific Policy Analysis, ITF-OECD. 2019.

132. Accessibility and Transport Appraisal. Summary and Conclusions. –

Paris: ITF Roundtable Reports, №182, OECD Publishing. 2020.

133. Boisjoly G., El-Geneidy A.M. How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. DOI:10.1016/j.tranpol.2016.12.011// *Transpor policy*. 2017.

134. Handy S.L., Niemeier D. A., *Measuring accessibility: An exploration of issues and alternatives* – *Environmental Planning A*, vol. 29 – №7. 1997. – P. 1175-1184.

135. Kwan M.P. Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework // *Geographical Analysis*. – 1998. – Vol. 30. No. 3. P. 191–216.

136. Wu Y.-H., Miller H. Computational Tools for Measuring Space-Time Accessibility within Transportation Networks with Dynamic Flow // *Journal on Transportation and Statistics*. – 2001. – Vol. 4(2–3). – P. 1–14.

137. Webber M.J. Pedagogy again: What is entropy? // *Annals of the Association of American Geographers*. – 1977. – Vol. 67. – No. 2. – P. 254–266.

138. Wilson A.G. A statistical theory of spatial distribution models // *Transportation Research*. – 1967. – Vol. 1. P. 253–269.

139. Shannon C.E. A mathematical theory of information // *Bell System Technical Journal*. –1948. – Vol. 27. – P. 379–423, 623–656.

140. Ben-Akiva M., Lerman S.R. *Discrete choice analysis: Theory and application to predict travel demand*. – Cambridge MA: MIT Press, 1985. – P. 390.

141. Ortuzar J.D., Willumsen L.G. *Modeling transport*. – 4th edition. New York: John Wiley and Sons, 2011. – P. 608.

142. Train K. *Discrete choice methods with simulation*. 2nd edition. New York: Cambridge University Press, 2009. – P. 399.

143. Anas A. Discrete choice theory, information theory, and the multinomial logit and gravity models // *Transportation Research B*. – 1983. Vol. 17. P. 13–23.

144. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р. – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

145. How urban form impacts workplace-based VKT through mode shares: A case study office commuting patterns in the Greater Toronto and Hamilton Area / Xi Y., et al. – Presented at the 99th Annual Meeting of the Transportation Research Board. – Washington DC, 2020.

146. Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility / Dong X. et al. – *Transportation Research A*, 2006. – Vol. 40. – No. 2. – P. 163–180.

147. Xi Y. Logit-based accessibility measures: A destination-mode choice

model for morning-peak commuting in the GTHA: MASc thesis, Department of Civil & Mineral Engineering, University of Toronto. – Toronto, 2019.

148. Miller, E.J. (2019), «Travel Demand Models, The Next Generation: Boldly Going Where No-One Has Gone Before», Mapping the Travel Behavior Genome, The Role of Disruptive Technologies, Automation and Experimentation, K.G. Goulias and A.W. Davis (Eds.), forthcoming.

149. Miller E.J. Agent-Based Activity/Travel Microsimulation: What's Next? / Briassouli, et al. (eds), Spatial Analysis: Tools and Land Use, Transport and Environmental Applications. – Springer. – 2018 a. – P. 119–150.

150. Martinez F.J. Microeconomic Modeling in Urban Science. – London: Academic Press, 2018. – P. 294.

151. ГОСТ Р 57119 – 2016 Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Общие требования Национальный стандарт Российской Федерации.

152. Rowe G., Wright G. The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis // International Journal of Forecasting. – 1999. – Vol. 15. – P. 353–375.

153. Bates J. History of demand modelling / Handbook of transport modelling (D.A. Hensher, K. J. Button). – Oxford: Pergamon, 2000. – P. 11–34.

154. Martens K. A People-Centred Approach to Accessibility. Discussion Paper // ITF Roundtable 182. – Paris: OECD Publishing, 2020. – No 2020/24. – P. 28.

155. Black W.R. (2003), Transportation: a geographical analysis. – New York: The Guilford Press, 2003. – P. 375.

156. Levine J. Urban Transportation and Social Equity: Transportation-Planning Paradigms That Impede Policy Reform / Policy, Planning, and People: Promoting Justice in Urban Development (N. Carmon, S.S. Fainstein). – Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 2013. – P. 141–160.

157. Shifan Y., Button K.J., Nijkamp P. Transportation planning. – Cheltenham: Edward Elgar, 2007. – P. 672.

158. Cervero R. Paradigm shift: from automobility to accessibility planning // Urban Futures. – 1997. – Vol. 22. – P. 9–20.

159. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – P. 3.

160. Wachs M., Kumagai T.G. Physical accessibility as a social indicator // Socio-Economic Planning Science. 1973. Vol. 6. P. 357–379.

161. Black J., Conroy M. Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. – London: Pion Ltd, 1977. – Vol. 9. – P. 1013–1031.

162. Morris J.M., Dumble P.L., Wigan M.R. Accessibility indicators for transport planning // Transportation Research Part A: General. – 1979. – Vol. 13(2). – P. 91–109.

163. Загидуллин Р.Р. Формирование устойчивой транспортной системы

на основе функциональной модели «Среда – участник – транспорт – инфраструктура // *International Journal of Advanced studies*. – 2021. – Т. 11, № 3.

164. Banister D. The sustainable mobility paradigm // *Transport Policy*. – 2008. – Vol. 15(2). – P. 73–80.

165. Bertolini L., le Clercq F., Капоен L. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward // *Transport Policy*. – 2005. – Vol. 12(3). – P. 207–220.

166. Vigar G. *Transport for people: accessibility, mobility and equity in transport planning*. – Milton Park: Routledge, 1999. – P. 90. – Ser.: Social Town Planning.

167. Litman, T. Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility // *Ite Journal — Institute of Transportation Engineers*. – 2003. – P. 17.

168. Handy S. Highway blues: Nothing a little accessibility can't cure // *Access Magazine*. – 1994. – Vol. 1(5). – P. 3–7.

169. Litman T. Evaluating Accessibility for Transportation Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities // *Victoria Transport Policy Institute*. – 2019.

170. Litman T. Evaluating Accessibility for Transportation Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities // *Victoria Transport Policy Institute*. – 2015.

171. Venter C. Developing a Common Narrative on Urban Accessibility: A Transportation Perspective, Moving to access. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.brookings.edu/articles/developing-common-narrative-urban-accessibility-transportation/> (дата обращения: 11.2016).

172. Dalkmann H. Creating a Vision for Sustainable Cities. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.wri.org/insights> (дата обращения: 24.03.2021).

173. Sustainable Urban Transport: Avoid-Shift-Improve (A-S-I) // *Transformative Urban Mobility Initiative*. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://www.transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2023/03/ASI_TUMI_SUTP_iNUA_No-9_April-2019-Мукме0 (дата обращения: 24.03.2021).

174. Planning Dense and Human Scale Cities / *Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://sutp.org/principles/planning-dense-and-human-scale-cities/> (дата обращения: 02.2014).

175. Пеньялоса Э. *Urban Transport and Urban Development: a Different Model*. Center for Latin American Studies, University of California, Berkeley, April 2002.

176. Конференция Организации Объединенных Наций по жилью и устойчивому городскому развитию (Хабитат III), 17–20 октября 2016 года, Кито, Эквадор. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.un.org/ru/conferences/habitat/quito2016> (дата обращения: 02.2014).

177. Программа Организации Объединённых Наций по населённым пунктам (ООН-Хабитат). [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.unhabitat.org (дата обращения: 02.2014).

178. A new strategy of sustainable neighbourhood planning: five principles / A Better Urban Future. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/10/64._5_principles_of_neighbourhood_design.pdf (дата обращения: 02.2014).

179. Dileman F., Wegener M. Compact City and Urban Sprawl // Built Environment. – 2004. – Vol. 30. – No. 4. – P. 308–323.

180. Боброва К. Смешанное использование – рецепт сбалансированного города. Сентябрь, 2017. [Эл. ресурс] – Режим доступа: t.me/strelkamagazine/706.

181. Шелмаков С.В. Экотранспорт: учеб. пособие / С. В. Шелмаков – М.: МАДИ, 2018. – 199 с.

182. May A.D. Developing sustainable urban land use and transport strategies, University of Leeds, UK, 2005.

183. Указания для разработки стратегии в области динамического управления дорожным движением. / Дорожно-транспортная Научно-исследовательская Ассоциация. Кельн, 2003.

184. Messestadt Riem. Wikipedia, the free encyclopedia. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Messestadt_Riem.

185. Broadening Transport Appraisal: Summary and Conclusions / ITF Roundtable Reports. – Paris: OECD Publishing, 2022. – No. 188.

186. Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды: Распоряжение Правительства РФ от 23 марта 2019 г. № 510-р. – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

187. Формирование комфортной городской среды [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.minstroyrf.gov.ru (дата обращения: 02.2014).

188. Проект стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.minstroyrf.gov.ru (дата обращения: 02.2014).

189. Мода на дачи: как пандемия возродила рынок загородной недвижимости. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <http://www.gazeta.ru/business/2021/01/15/13442858.shtml> (дата обращения: 02.2014).

190. Стандарт комплексного развития территорий. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/?ysclid=ljmvxpylfb711370388> (дата обращения: 02.2014).

191. Шире улицы, ниже дома. Застройщиков ограничат 9 этажами / Российская газета. Федеральный выпуск №183(7941), 19.08.2019. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://rg.profkiosk.ru/default?mid=34384> (дата обращения:

02.2014).

192. Об утверждении территориальной схемы развития территории Новомосковского административного округа города Москвы: Постановление Правительства Москвы от 10.11.2015 № 731-ПП. – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

193. Об утверждении территориальной схемы развития территории Троицкого административного округа города Москвы: Постановление Правительства Москвы от 10.11.2015 № 732-ПП. – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

194. Highway Functional Classification Concepts, Criteria and Procedures. USA: United States. Federal Highway Administration, 2013. – P. 70.

195. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 N 1034/пр). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

196. Антонов А. Уплотнение по-умному. Чего не хватает плану реновации Москвы. [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.sber.pro (дата обращения: 20.04.2020).

197. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 N 815). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

198. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации». – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный.

199. Городское планирование и транспортное поведение в Российской Федерации / В.В. Донченко, А.С. Баранов, Д.М. Немчинов, А.С. Поляков; под общей редакцией В.В. Донченко. М.: КнигИздат, 2022. – 240 с.

200. Методические рекомендации по разработке программ комплексного развития транспортной инфраструктуры крупнейших городских агломераций в рамках приоритетного направления стратегического развития Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги». / Минтранс России. М., 2016. – P. 3.

201. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие / А.Э. Горев, К. Бёттгер, А.В. Прохоров, Р.Р. Гизатуллин (серия «Библиотека транспортного инженера»). СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2015. – 168 с.

202. UK Department of Transport Supplementary Guidance: Land Use/Transport Interaction Models. [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.gov.uk/government/publications/webtag-si-land-use-transport-interaction-models> (дата обращения: 02.2014).

203. Supplementary Guidance. Land Use / Transport Interaction Models. Department for Transport. UK. January, 2014.

204. Acheampong R.A. Land Use – Transport Interaction Modelling: A Review of the Literature and Future Research Directions // *Journal of Transport and Land Use*. – 2015. – Vol. 8(3). – P. 1–28.

205. Land Use-Transport Interaction Modelling: A Review of the Literature and Future Research Directions. [Эл. ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/280933467_Land_Use-Transport_Interaction_Modelling_A_Review_of_the_Literature_and_Future_Research_Directions (дата обращения: 02.2014).

206. Cordera R., Ibeas A., dell'Olio L., Alonso B. Land Use – Transport Interaction Models // CRC Press. – 2018. – Vol. 239.

207. Рекомендации для решения транспортно-планировочных задач / коллектив авторов; под ред. А.С. Баранова / ЛабГрад – СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2018. – 164 с.

208. Методические рекомендации по проведению регулярных транспортных и транспортно-социологических обследований функционирования транспортных систем муниципальных образований в Российской Федерации. / Министерство транспорта РФ. – М., 2018.

209. Горев А.Э., Осипов Д.Т. Проектирование систем городского пассажирского транспорта. СПб: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА», 2018. – 256 с. – Сер.: «Библиотека транспортного инженера».

210. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник / И.В. Спирин. – М: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

211. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 272 с.

212. Schwanen T. Innovations to Transform Personal Mobility, in D. Hopkins and J. Higham, eds // *Low Carbon Mobility Transitions*. – 2016. – P. 205–218.

213. Grand Paris Express, le nouveau metro. [Эл. ресурс] – Режим доступа: www.societedugrandparis.fr. (дата обращения: 02.2014).

214. Gössling S., Choi A. S. Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles // *Ecological Economics*. – 2015. – Vol. 113. – P. 106–113. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915000907?fbclid=IwAR39ErgnQGfMFWcme9KHmR7TuoqiMsT4bQ> (дата обращения: 24.10.2019). – Текст: электронный.

215. Gössling S., Choi A. S. Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles // *Ecological Economics*. – 2015. – Vol. 113. – P. 106–113. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915000907?fbclid=IwAR39ErgnQGfMFWcme9KHmR7TuoqiMsT4bQ> (дата обращения: 24.10.2019). – Текст: электронный.

216. HiTrans Best Practice Guide. 2. Public transport — planning the

networks / G. Nielsen [et al]. – Norway: HiTrans, 2005. – P. 180.

217. Securing supplies for an electric future / Global EV Outlook 2022. IEA, Electric vehicles initiative, Clean Energy Ministerial.

218. Your Heavy Duty / Transport & Environment, Brussels, Belgium, 2018 [Эл. ресурс] – Режим доступа: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/cleaner-safer-trucks> (дата обращения: 24.10.2019).

219. «EcoDensity. How Density, Design, and Land Use Will Contribute to Environmental Sustainability, Affordability, and Livability» (PDF). City of Vancouver. 2009. Retrieved 5 October 2018.

220. Xue J. Is eco-village/urban village the future of a degrowth society? An urban planner's perspective // Ecological Economics. – 2014. – Vol. 105. – P. 130–138.

221. Latouche S. Farewell to Growth Cambridge. – Cambridge: Polity Press, 2009. – P. 124. Retrieved 5 October 2018.

222. «Vancouver Ecodensity Charter: Green Liveable Cities». Danish Architecture Centre. Danish Architecture Centre. 2014. Retrieved 5 October 2018.

223. Rosol M. Social mixing through densification? The struggle over the Little Mountain public housing complex in Vancouver // DIE ERDE – Journal of the Geographical Society of Berlin. – 2015. – Vol. 146. – P. 151–164.

224. Lee M. Getting Serious About Affordable Housing: Towards a Plan for Metro Vancouver. CCPA. Canadian Centre for Policy Alternatives (CCPA). 2016. Retrieved 5 October 2018.

225. Мейлер Л.Е. Общий курс транспорта: Учебное пособие. – Калининград: БГАРФ, 2005. – 84 с.

226. Пособие по расчету сокращения выбросов парниковых газов за счет проектов Глобального экологического фонда в транспортной отрасли. – ГЭФ. – 2010. – 41 с.

227. Якимов М.Р. Транспортное планирование: терминологический словарь / М.Р. Якимов. – М: Агентство РАДАР, 2022. – 86 с.

Приложение 1

Уровни выбросов загрязняющих веществ в соответствии с Техническим регламентом Таможенного Союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденным решением комиссии Таможенного Союза Евразийского экономического сообщества от 09.12.2011 № 877

Экологический класс	Категории и подгруппы транспортных средств и двигателей внутреннего сгорания	Технические требования к транспортным средствам и двигателям внутреннего сгорания
0	М ₁ , М ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83) с бензиновыми и газовыми двигателями	Правила ООН N 83-02 (уровень выбросов А)
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с дизелями	Правила ООН N 49-01
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃ с бензиновыми двигателями	СО – 85 г/кВт·ч, HC – 5 г/кВт·ч, NOx – 17 г/кВт·ч (9-режимный испытательный цикл)
	дизели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-01
	бензиновые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃	СО – 85 г/кВт·ч, HC – 5 г/кВт·ч, NOx – 17 г/кВт·ч (9-режимный испытательный цикл)
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		
1	М ₁ , М ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83) с бензиновыми и газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 83-02 (уровни выбросов В, С соответственно)
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 49-02 (уровень выбросов А)
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃ с бензиновыми двигателями	СО – 72 г/кВт·ч, HC – 4 г/кВт·ч, NOx – 14 г/кВт·ч (9-режимный испытательный цикл)
	дизели и газовые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-02 (уровень выбросов А)
	бензиновые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃	СО – 72 г/кВт·ч, HC – 4 г/кВт·ч, NOx – 14 г/кВт·ч (9-режимный испытательный цикл)

Экологический класс	Категории и подгруппы транспортных средств и двигателей внутреннего сгорания	Технические требования к транспортным средствам и двигателям внутреннего сгорания
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		
2	M ₁ , M ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83) с бензиновыми и газовыми двигателями и дизелями	с Правила ООН N 83-04 (уровни выбросов B, C, D соответственно)
	M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 49-02 (уровень выбросов B)
	M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с бензиновыми двигателями	CO – 55 г/кВт·ч, HC – 2,4 г/кВт·ч, NOx – 10 г/кВт·ч (при испытаниях по Правилам ООН N 49-04 (испытательный цикл ESC))
	дизели и газовые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-02 (уровень выбросов B)
	бензиновые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃	CO – 55 г/кВт·ч, HC – 2,4 г/кВт·ч, NOx – 10 г/кВт·ч (при испытаниях по Правилам ООН N 49-04 (испытательный цикл ESC))
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		
3	M ₁ , M ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83) с бензиновыми и газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 83-05 (уровень выбросов A)
	M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 49-04 (уровень выбросов A)
	M ₁ G и M ₂ G максимальной массой свыше 3,5 т, M ₃ G, N ₂ G, N ₃ G с дизелями	Правила ООН N 96-01
	M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₂ , N ₃ с бензиновыми двигателями	Пункт 12 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
	дизели и газовые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-04 (уровень выбросов A)
	дизели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ G и M ₂ G максимальной массой свыше 3,5 т, M ₃ G, N ₂ G, N ₃ G	Правила ООН N 96-01

Экологический класс	Категории и подгруппы транспортных средств и двигателей внутреннего сгорания	Технические требования к транспортным средствам и двигателям внутреннего сгорания
	бензиновые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃	Пункт 12 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		
4	М ₁ , М ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83) с двигателями с принудительным зажиганием и дизелями	Правила ООН N 83-05 (уровень выбросов В)
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 49-05 (уровень выбросов В1, уровень требований в отношении бортовой диагностики, долговечности и эксплуатационной пригодности, контроля NOx – «С»)
	М ₁ G и М ₂ G максимальной массой свыше 3,5 т, М ₃ G, N ₂ G, N ₃ G с приводом на все колеса, в том числе с отключаемым приводом одной из осей, с дизелями	Правила ООН N 96-02
	М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃ с бензиновыми двигателями	Пункт 12 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
	дизели и газовые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-05 (уровень выбросов В1, уровень требований в отношении бортовой диагностики, долговечности и эксплуатационной пригодности, контроля NOx – «С»)
	дизели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ G и М ₂ G максимальной массой свыше 3,5 т, М ₃ G, N ₂ G, N ₃ G, с приводом на все колеса, в том числе с отключаемым приводом одной из осей	Правила ООН N 96-02
	бензиновые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий М ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, М ₂ , М ₃ , N ₂ , N ₃	Пункт 12 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
	М, N гибридные (в соответствии с областью применения Правил ООН N 49) и двигатели, предназначенные для установки на такие транспортные средства	Пункт 13 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		

Экологический класс	Категории и подгруппы транспортных средств и двигателей внутреннего сгорания	Технические требования к транспортным средствам и двигателям внутреннего сгорания
5	M ₁ , M ₂ , N ₁ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83-06) с двигателями с принудительным зажиганием	Правила ООН N 83-06
	M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃ с газовыми двигателями и дизелями	Правила ООН N 49-05 (уровень выбросов B ₂ , C, уровень требований в отношении бортовой диагностики, долговечности, контроля NOx – «G», «K»)
	дизели и газовые двигатели, предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ максимальной массой свыше 3,5 т, M ₂ , M ₃ , N ₁ , N ₂ , N ₃	Правила ООН N 49-05 (уровень выбросов B ₂ , C, уровень требований в отношении бортовой диагностики, долговечности, контроля NOx – «G», «K»)
	M, N гибридные (в соответствии с областью применения Правил ООН N 49) и двигатели, предназначенные для установки на такие транспортные средства	Пункт 13 приложения N 3 к настоящему техническому регламенту
(в ред. решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16.02.2018 N 29)		
6	M ₁ , N ₁ , M ₂ , N ₂ (в соответствии с областью применения Правил ООН N 83-07) с искровыми двигателями (бензиновыми, газовыми) и дизелями	Правила ООН N 83-07
	M ₁ , N ₁ , M ₂ , N ₂ с контрольной массой более 2 840 кг, M ₃ , N ₃ с дизелями, газодизелями и искровыми двигателями (бензиновыми, газовыми и двухтопливными (в режиме работы на газообразном топливе))	Правила ООН N 49-06
	дизели, газодизели и искровые двигатели (бензиновые, газовые и двухтопливные (в режиме работы на газообразном топливе)), предназначенные для установки на транспортные средства категорий M ₁ , M ₂ , N ₁ , N ₂ с контрольной массой более 2 840 кг, M ₃ , N ₃	Правила ООН N 49-06
(введено решением Совета Евразийской экономической комиссии от 21.06.2019 N 66)		

Некоторые показатели работы транспорта [224]

Существует большое разнообразие показателей, используемых для оценки работы транспорта. Ниже приведены некоторые из них согласно [224].

1. Общие показатели работы транспорта.

Показатели работы транспорта можно разделить на следующие группы:

- **показатели перевозочной и погрузочно-разгрузочной работы** (объем перевозок грузов и пассажиров, грузо- и пассажирооборот, приведенный грузооборот, объемы отправления и прибытия и др.);

- **показатели материально-технической базы и инфраструктуры транспорта** (протяженность путей сообщения, густота транспортных сетей; суммарная грузоподъемность или тоннаж транспортных единиц; суммарная энергетическая мощность транспортных единиц; пропускная и провозная способность элементов транспортной сети и др.);

- **показатели эксплуатационной работы транспорта** (средняя грузоподъемность транспортных средств, средняя дальность перевозок; средняя скорость доставки грузов/пассажиров; использование грузоподъемности подвижного состава/ пассажироместимости; время оборота подвижного состава; среднесуточный пробег подвижного состава и др.);

- **финансово-экономические показатели работы транспорта** (себестоимость перевозок, производительность труда, фондоотдача, фондоемкость, доходы и расходы, прибыль, рентабельность).

К количественным показателям работы транспорта относятся:

- объем перевозки грузов ($\sum P_i$), т;
- грузооборот ($\sum P_i L_i$), ткм;
- объем перевозки пассажиров ($\sum N_i$), пасс.;
- пассажирооборот ($\sum N_i L_i$), пасс.км,

где P_i , N_i – масса перевозимого груза/число перевозимых пассажиров i -тым транспортным средством;

L_i – пробег i -того транспортного средства за рассматриваемый период времени, км.

Учет по этим показателям обычно ведется нарастающим итогом за каждые сутки, декаду, месяц, квартал и год. Грузооборот и пассажирооборот

иногда называют транспортной работой или продукцией транспорта.

- средняя дальность перевозки 1-ой тонны груза (рассчитывается по всему грузообороту и по отдельным видам грузов):

$$L_{\text{груз}} = \frac{\sum P_i L_i}{\sum P_i}, \text{ км}$$

- средняя дальность перевозки 1-го пассажира (определяется по общему пассажирообороту и по отдельным видам сообщений (междугородное, пригородное, городское):

$$L_{\text{пасс}} = \frac{\sum N_i L_i}{\sum N_i}, \text{ км}$$

- средняя скорость доставки грузов:

$$V_{\text{груз}} = \frac{\sum P_i L_i}{\sum P_i t_i}, \text{ км}$$

- средняя скорость доставки пассажиров:

$$V_{\text{пасс}} = \frac{\sum N_i L_i}{\sum N_i t_i}, \text{ км}$$

где $\sum P_i t_i$ и $\sum N_i t_i$ - суммарные затраты времени (соответственно в тонн-час и пасс-час) на перевозку грузов или пассажиров на всем пути следования;

- себестоимость перевозки грузов, руб./за 10 т. км:

$$C_{\text{груз}} = 10 \text{ Э}_{\text{груз}} / \sum P_i L_i,$$

- себестоимость перевозки пассажиров, руб. за 10 пасс. км:

$$C_{\text{пасс}} = 10 \text{ Э}_{\text{пасс}} / \sum N_i L_i,$$

где $\text{Э}_{\text{груз}}$, $\text{Э}_{\text{пасс}}$ – текущие эксплуатационные расходы за определенный период времени соответственно по грузовым и пассажирским перевозкам. Себестоимость определяется по отдельным видам транспорта, категориям

перевозок и видам грузов.

2. Показатели транспортной обеспеченности и доступности.

Показатели транспортной обеспеченности и доступности отражают уровень транспортного обслуживания хозяйствующих объектов и населения и зависят от протяженности сети путей сообщения, их пропускной и провозной способности, конфигурации размещения маршрутов транспорта и других факторов.

Очевидно, что показатели тем выше, чем более развита сеть путей сообщения. Различия в обеспечении путями сообщения отдельных стран и регионов характеризуется:

- территориальным показателем плотности транспортной сети:

$$d_s = L_3 / S,$$

измеряемым отношением протяженности эксплуатационной длины транспортной сети L_3 в км к площади рассматриваемой территории S в км². Однако при равной площади двух регионов потребность в транспорте будет больше у региона, численность населения которого N больше. В этом случае можно использовать следующий показатель:

- показатель густоты сети по населению:

$$d_H = L_3 / N_{жк},$$

характеризующий транспортную обеспеченность населения, измеряемый отношением протяженности эксплуатационной длины транспортной сети L_3 в км к численности населения в тыс. человек.

Для обобщенной характеристики транспортной обеспеченности территории с учетом площади и численности населения используется показатель:

- обобщенный показатель густоты транспортной сети:

$$d_o = L_3 / \sqrt{SN_{жк}},$$

Вместе с тем, очевидно, что при одинаковой численности населения и площади территории потребность в перевозках может быть различна в зависимости от структуры, объемов и размещения производства. С учетом объема предъявляемых к перевозке грузов Q (тыс.т) и площади обжитой территории S_o может использоваться показатель:

- универсальный показатель густоты сети:

$$d_y = L_3 / \sqrt[3]{S_o N_{жк} Q},$$

Для комплексной оценки транспортной обеспеченности региона, имеющего пути сообщения различных видов транспорта, используется показатель:

- комплексный показатель густоты сети:

$$d_k = L_{прив} / \sqrt[3]{S_o N_{ж} Q},$$

учитывающий приведенную длину путей сообщения $L_{прив}$, измеряемую в приведенных км, и обжитую площадь S_o . Предложены следующие коэффициенты приведения 1 км эксплуатационной длины различных видов транспорта к 1 км длины железных дорог:

$$k_{прив} = L_3 / L_{жсд},$$

с учетом сопоставления уровней пропускной/провозной способности автомагистралей/дорог/путей сообщения различных видов транспорта значения коэффициента приведения $k_{прив}$:

- для автомагистрали $k_{прив} = 0,45$;
- для автодороги с обычным твердым покрытием $k_{прив} = 0,15$;
- для речного пути $k_{прив} = 0,25$;
- для нефтепровода среднего диаметра $k_{прив} = 1,0$.

Пользуясь формулой определения комплексной густоты сети d_k можно, хотя и с большой степенью условности, сопоставить транспортную обеспеченность различных стран и регионов мира, что показано в таблице П.2.1.

Таблица П.2.1

Транспортная обеспеченность различных стран мира (2016)

Регионы и страны	$d_s^{жсд} = \frac{L_{жсд}}{S_o}$	$d_s^{авто} = \frac{L_{авто}}{S_o}$	$d_s^{общ} = \frac{L_{общ}}{S_o}$	$d_o = \frac{L_3}{\sqrt{SN_{жсд}}}$	$d_k = \frac{L_{прив}}{\sqrt[3]{S_o N_{ж} Q}}$
Мир в целом	1,81	15,6	8,2	11,5	3,1
СНГ	0,65	5,2	5,0	10,6	2,6
Россия	0,51	2,4	4,2	6,8	2,0
США	2,27	62,3	28,4	54,3	10,5
Азия	1,35	13,8	5,7	4,4	1,4
Африка	0,50	2,1	1,2	2,8	1,1

В приведенной таблице: $d_s^{жд}$, $d_s^{авто}$, $d_s^{общ}$ – показатели густоты транспортной сети соответственно для железнодорожного, автомобильного и для обоих видов транспорта (общий). Как видно, Россия имеет наиболее низкие показатели транспортной обеспеченности, сопоставимые только с показателями стран Африки и Азии. Это, безусловно, свидетельствует о низком уровне транспортного обслуживания пользователей в нашей стране и необходимости дальнейшего развития всех путей сообщения Российской Федерации. Однако соотношение густоты приведенной транспортной сети России и США 1:5 не полностью отражает разрыв в уровне транспортной обеспеченности этих стран. Следует также учитывать следующие показатели:

- показатели интенсивности использования грузового транспорта:

$$d_S^{унм} = \frac{\sum (P_i L_i)_{прив}}{S},$$

$$d_O^{унм} = \frac{\sum (P_i L_i)_{прив}}{\sqrt[3]{SN}_{эс}},$$

$$d_K^{унм} = \frac{\sum (P_i L_i)_{прив}}{\sqrt[3]{S_o N_{эс} Q}}.$$

Разрыв между Россией и США по этим показателям значительно меньше, их соотношение составляет примерно 1:2. В некоторых случаях вместо грузооборота, т. е. транспортной работы, используют объем перевозок, доходы или затраты транспорта. Аналогичные показатели могут быть рассчитаны и в отношении пассажирских перевозок.

Отношение приведенного грузооборота (ткм) к 1 руб. или 1 долл. национального дохода (т. е. валового внутреннего продукта – ВВП – оцененного по паритету покупательной способности) страны есть макроэкономический показатель уровня транспортного обслуживания d_M :

$$d_M = \frac{\sum (P_i L_i)_{прив}}{ВВП_{инс}}.$$

В России макроэкономический показатель уровня транспортного обслуживания составляет 14 прив. ткм на единицу национального дохода в ППС, в Индии – 2 прив. ткм, в Японии – 1,2 прив. ткм, а в США – 4 прив. ткм на 1 долл. США.

В нормальных условиях развития государства темпы роста удельной величины транспортной работы должны соответствовать темпам прироста ВВП. Эти соотношения в значительной мере зависят от общей транспортной политики государства, которая должна быть направлена на оптимизацию работы транспортной системы, сокращение затрат на перевозки, рации-

онализацию размещения и развития производительных сил и транспорта. В долгосрочной перспективе целью государства должно стать сокращение удельных показателей, характеризующих развитие грузовых перевозок, и определенный рост спроса на пассажирские перевозки ПТОП. При этом должен быть повышен уровень доступности транспорта для потребителей транспортных услуг.

Показатель транспортной доступности $d_{доct} m (u)$ может быть определен как средневзвешенная величина затрат времени на перемещение определенных объемов грузов (или количества пассажиров) в регионе в зависимости от размещения пунктов притяжения транспортного спроса и густоты транспортной сети:

- по грузовым перевозкам:

$$d_{доct}^{груз} = \frac{(\sum N_i \times t_{i,груз}) \times S_0}{(\sum P_i \times L_{i,груз}) \times L_{прис}}$$

- по пассажирским перевозкам:

$$d_{доct}^{пасс} = \frac{(\sum N_i \times t_{i,пасс}) \times S_0}{(\sum P_i \times L_{i,пасс}) \times L_{прис}}$$

где $\sum P_i t_{i,груз}$ – суммарное время доставки партий грузов в регионе, усредненное за год, тонн-ч.; $\sum N_i t_{i,пасс}$ – суммарное время перемещения пассажиров в регионе, усредненное за год, пасс-ч.

Этот качественный показатель характеризует надежность транспортно-обслуживания потребителей транспортных услуг. По расчетам, надежной считается такая сеть всех видов путей сообщения в регионе, которая позволяет достичь любой его точки из любой другой за время, определенное нормативом (для средних условий России во внутриобластных перевозках грузов: 3–4 ч., пассажиров: 1,7–2 ч., а в межобластных в среднем 2–3 и 1–2 суток соответственно). Разумеется, эти показатели весьма существенно различаются по видам транспорта и территориям субъектов Российской Федерации. Так, по имеющимся оценкам, транспортная доступность в Центральном экономическом районе, насыщенном путями сообщения железнодорожного и других видов транспорта, в 8–10 раз превышает (т. е. меньше по времени) аналогичные показатели районов Сибири и Дальнего Востока. Уровень транспортной доступности для потребителей транспортных услуг в определенной мере свидетельствует об уровне цивилизованности рынка транспортных услуг и развития транспортной инфраструктуры в государстве, а его повышение способствует улучшению социально-экономического положения страны.

Некоторые показатели, используемые для оценки устойчивости транспортных систем

Аспекты устойчивости	Область оценки	Связанные показатели и механизмы оценки
Экономические	Спрос на транспорт и производительность транспортной системы	Транспортная работа (т-км; пасс-км), по видам транспорта
	Транспортные затраты и цены	Общие транспортные затраты на душу населения (с учетом парковок, тарифов ПТОП, платы за проезд и др.)
		Цена на автомобильное топливо и налоги на него (бензин, дизель, газ)
		Прямые затраты пользователей (пассажирский транспорт общего пользования)
		Внешние затраты, связанные с транспортной деятельностью (монетарная оценка ущерба, связанного с заторами, ДТП, выбросами и т. д.) для пассажирского и грузового городского транспорта
		Наличие механизмов интернализации внешних затрат (внедрение инструментов экономической политики, напрямую связанных с маржинальными внешними затратами, связанными с использованием автомобильного и городского транспорта – качественная оценка – внедрены или нет)
		Транспортные субсидии
		Налогообложение автомобилей и их использования
		Вклад транспорта в ВВП, %
		Инвестиции в транспортную инфраструктуру (на жителя/в долях ВВП)
		Инфраструктура	Качество автомобильных дорог/улиц – плохое/хорошее состояние
	Общая протяженность автомобильных дорог/улиц в км по категориям	
Плотность дорожной (улично-дорожной) сети, км/км ²		
Социальные	Доступность и мобильность	Среднее время поездки пассажира

Аспекты устойчивости	Область оценки	Связанные показатели и механизмы оценки
		Средняя протяженность поездки пассажира по видам транспорта
		Качество услуг пассажирского транспорта общего пользования, качество услуг транспорта для маломобильных групп населения (комплексная оценка)
		Персональная мобильность (ежедневное, ежемесячное или ежегодное число чел.-км и количество поездок на жителя по группам населения с разными доходами)
		Количество перевезенных пассажиров за определенный период времени
	Риск и безопасность движения	Погибшие в ДТП (число смертей на 1 млн авт.-км пробега, на 1 млн или 100 тыс. жителей)
		ДТП с пострадавшими (число пострадавших на 1 млн авт.-км пробега, на 1 млн или 100 тыс. жителей)
	Воздействие на здоровье	Доля населения (%), подверженного воздействию транспортного шума, по уровням шумового воздействия и по видам транспорта
		Случаи хронических респираторных заболеваний, рака, хронической головной боли, связанных с загрязнением атмосферы автотранспортом (к-во случаев на 1 000 жителей). Дни потери трудоспособности по причине респираторных заболеваний или число преждевременных смертей, связанных с автомобильными выбросами, приведенные к числу жителей, проживающих на рассматриваемой территории
	Экономическая доступность	Владение личными легковыми автомобилями («уровень автомобилизации» – число личных автомобилей на 1 000 жителей)
		Экономическая доступность транспорта (доля дохода домашних хозяйств, затрачиваемых на транспорт)
Трудовая занятость	Вклад транспортного сектора в рост занятости населения (по видам транспорта), число рабочих мест на 1 000 жителей	
Экологические	Выбросы от транспорта (на душу населения)	Выбросы оксидов азота NO _x

Аспекты устойчивости	Область оценки	Связанные показатели и механизмы оценки
		Выбросы летучих органических соединений VOCs
		Выбросы мелкодисперсных частиц PM ₁₀ и PM _{2,5}
		Выбросы оксидов серы SO _x
		Концентрация кислорода O ₂
		Выбросы углекислого газа CO ₂
		Выбросы закиси азота N ₂ O
		Выбросы метана CH ₄
	Энергоэффективность	Энергопотребление (по видам транспорта, в тоннах нефтяного эквивалента на ТС-км)
	Топливопотребление (в литрах на авт.-км по типам автотранспортных средств)	
	Воздействие на экологические ресурсы	Нарушение экосистем и среды обитания (доля территорий в %, подверженных сверхнормативному негативному воздействию транспорта)
	Изыятие земельных ресурсов под транспортную инфраструктуру (по видам транспорта), в % от общей площади рассматриваемой территории	
	Экологические риски и угрозы	Риск аварий с загрязнением окружающей среды в результате работы транспорта
	Риски, связанные с перевозкой опасных грузов автомобильным транспортом (экспозиция рисков, связанных с перевозкой опасных грузов разных классов)	
	Возобновляемые источники энергии	Использование возобновляемых источников энергии (число/доля ТС, использующих альтернативные топлива/источники энергии)
Технические и эксплуатационные	Загрузка транспортных средств	Показатель заполняемости пассажирских ТС
		Коэффициент использования грузоподъемности подвижного состава (грузовиков)
	Технические характеристики подвижного состава	Средний возраст парка
		Размер парка транспортных средств (на 1 млн жителей)

Аспекты устойчивости	Область оценки	Связанные показатели и механизмы оценки
		Доля парка ТС, соответствующих стандартам выбросов (Евро IV, Евро V, Евро VI)
Институциональные	Меры по улучшению устойчивости транспорта	Расходы на исследования и разработки в области создания и использования экологичных транспортных средств и чистых топлив, в области повышения устойчивости функционирования транспортных систем (в долях общего финансирования НИОКР)
		Общие расходы на предотвращение выбросов от транспорта и их очистку
		Расходы на меры по улучшению работы общественного транспорта
		Расходы на меры по совершенствованию организации дорожного движения
		Расходы на меры по внедрению информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем
	Институциональное развитие	Внедрение стратегической оценки воздействия транспортного сектора на окружающую среду
		Внедрение современных методов моделирования и планирования транспортных систем

Глоссарий

(некоторые термины и определения к Приложению 5, используемые в контексте экономики устойчивого развития транспорта)

Анализ затрат и выгод («cost-benefit analysis», CBA) – систематизированный метод обобщения всех ожидаемых выгод и затрат, возникающих в результате конкретного действия (например, реализации предлагаемого транспортного проекта), и их сравнения с использованием дисконтирования, позволяющего сделать выгоды и затраты, накопленные в разное время, сопоставимыми.

Готовность платить – максимальная цена, которую человек готов заплатить за определенный товар или услугу.

Доступность – легкость, с которой можно добраться до пунктов назначения, чтобы обеспечить доступ к основным потребностям, таким как работа, образование, здравоохранение, шопинг и т. д. Меры доступности учитывают время и затраты, необходимые для достижения пунктов назначения с использованием различных видов транспорта и передвижения, а также такие факторы, как требуемый уровень комфорта и безопасности.

Кейс потребностей – оценка, проводимая для определения того, требуются ли инвестиции в конкретном контексте.

Многокритериальный анализ (МСА) – метод систематического сравнения привлекательности различных решений, инвестиций или других действий путем четкого определения и присвоения весов критериям эффективности, балльной оценки вариантов по каждому критерию и суммирования всех полученных баллов для получения агрегированного показателя.

Мобильность – возможность и легкость перемещения людей и товаров.

Монетизация – преобразование выгод и/или затрат в эквивалентную денежную стоимость.

Оценка ex-post – оценка, проводимая после принятия инвестиционного решения.

Оценка потребности – оценка, проводимая для определения того, требуются ли инвестиции или дополнительные объемы услуг/работ в конкрет-

ном контексте.

Оценка стоимости участия – метод оценки относительной желательности набора потенциальных инвестиций. В ходе оценки ценности участия проводится эксперимент, в ходе которого участникам обсуждения предоставляется информация о воздействиях ряда потенциальных проектов и имеющихся ограничениях государственного бюджета. Их просят выбрать предпочтительные проекты, соблюдая при этом установленные бюджетные ограничения. Найденные компромиссы могут быть использованы для определения предпочтений отдельных лиц для ранжирования этих проектов с точки зрения их желательности.

Предварительная оценка (ex-ante) – оценка, проводимая до принятия инвестиционного решения.

Разнообразие, равенство и инклюзивность – термины, используемые для описания политики и программ, способствующих представленности и участию различных групп населения (например, людей разных возрастов, рас и этнических групп, уровней образования и доходов, пола, религий, культур, ментальных способностей и т. д.) в обсуждении и выработке различных решений и мер, принимаемых органами власти разного уровня.

Совещательная денежная оценка – интерактивный метод оценки, который объединяет различных участников для формирования оценочных суждений в открытом диалоге. Это позволяет учитывать этические убеждения, моральные обязательства и социальные нормы, а не основываться исключительно на совокупности индивидуальных оценок полезности.

Соотношение выгод и затрат – соотношение общей денежной стоимости ожидаемых выгод от предлагаемого проекта и общей денежной стоимости ожидаемых затрат.

Стохастическая оценка затрат – метод оценки уровня неопределенности экономического результата. Оценка основывается на методе моделирования с использованием распределения вероятностей затрат.

Субъективное благополучие – показатель самооценки благополучия, обычно получаемый с помощью вопросников, который включает в себя как эмоциональные реакции, так и когнитивные суждения.

Утилитаризм – этическая точка зрения, основанная на представлении о том, что наилучшие доступные результаты – это те, которые ведут к наи-

большому счастью наибольшего числа людей.

Чистая приведенная стоимость – разница между дисконтированной стоимостью всех ожидаемых выгод от проекта и дисконтированной стоимостью всех ожидаемых затрат.

Экономика благосостояния – раздел экономической науки, который оперирует микроэкономическими методами для оценки экономического благосостояния (благополучия) на уровне экономики в целом. Применение принципов экономики благосостояния порождает область общественной экономики, направленную на изучение того, как правительство может воздействовать на повышение общественного благосостояния. Экономика благосостояния обеспечивает теоретические основы для определенных инструментов общественной экономики, включая анализ затрат и выгод.

Расширение процедуры оценки транспортных проектов (адаптированный перевод фрагментов проекта МТФ «Broadening Transport Appraisal. Summary and Conclusions». ITF Roundtable Reports, №188, OECD Publishing, Paris, 2022, авторы R. Deighton-Smith, Prof. R. Vickerman)

1. Цели транспортного планирования

Транспортная политика и цели транспортного планирования сейчас коренным образом переосмысливаются во многих странах ОЭСР. **Первым центральным элементом** этого сдвига является растущее стремление заменить **традиционную ориентацию транспортного планирования на мобильность перспективой, основанной на доступности**. Перспектива доступности признает, что транспорт является понятием, производным от спроса, и что цель политики в области пассажирских перевозок состоит в том, чтобы дать людям возможность добраться до пунктов назначения для участия в различных мероприятиях и различных видах деятельности. Как ранее было отмечено в работах МФТ, «мобильность сама по себе не обеспечит доступность и даже может отвлечь от нее внимание. Большая мобильность для одних может снизить мобильность и доступность для других. Это, в свою очередь, может привести к значительному ухудшению определенных аспектов качества жизни и неэффективному использованию экономических и природных ресурсов» (ITF, 2020a). Основное внимание властей должно уделяться гарантированному обеспечению равного и приемлемого минимального уровня доступа каждого жителя к интересующим его благам и видам деятельности. Это подразумевает, что распределение выгод от инвестиций в транспорт должно быть главным фактором, учитываемым органами управления транспортом. Во многих важных областях государственного регулирования (например, в здравоохранении, образовании и жилищном строительстве) первостепенной заботой властей является предоставление гражданам конкретных социальных благ. В этом контексте обеспечение равенства возможностей должно являться центральной целью государственной политики и государственного регулирования, включая механизмы налогообложения и субсидирования, направленные на обеспечение равенства в каждой из упомянутых областей. Существует веский аргумент в пользу того, что и планирование транспорта должно основываться на той же перспективе, поскольку адекватная доступность является основополагающим требованием для достижения приемлемого уровня жизни (Shifan, Y. et al., 2021).

Различные аспекты обеспечения социального равенства имеют значение в рамках реализации парадигмы доступности. Равенство возможностей

можно рассматривать на географическом уровне и уровне домохозяйств, а также с точки зрения таких характеристик, как пол, социальное положение и инвалидность. Учет различных аспектов равенства имеет целый ряд последствий для целей транспортного планирования. В частности, специалисты в области транспортного планирования должны обеспечить учет различных аспектов равенства, чтобы:

- доступ к транспортным услугам на местном уровне в регионах являлся бы адекватным и последовательным, и чтобы подключения региональных транспортных сетей к национальной транспортной сети также являлись адекватными;
- транспортное сообщение в пределах мегаполисов обеспечивало бы надлежащую доступность для тех, у кого нет возможности использовать личный автотранспорт;
- транспортные сети обеспечивали бы достаточную доступность для удовлетворения широкого спектра типов поездок и целей;
- все группы пользователей считали бы все виды транспорта и объекты инфраструктуры безопасными;
- виды транспорта и объекты инфраструктуры были доступны для всех, включая людей с ограниченной мобильностью и лиц с другими ограниченными возможностями.

Вторым важным элементом сдвига в транспортном планировании является признание того, что оценка отдельных проектов часто не приводит к такой реализации программ инвестиций в транспортную инфраструктуру, которая бы в целом эффективно способствовала достижению стратегических транспортных целей правительств. Например, важный вывод недавнего обзора Руководства Соединенного Королевства по оценке проектов (Зеленая Книга Министерства финансов Ее Величества) заключался в том, что оценки часто не учитывают влияние проектных предложений на цели стратегического управления, включая такие, как равенство («выравнивание возможностей») и изменение климата (HM Treasury, 2020b). Этот конфликт между результатами оценки результатов на уровне отдельных проектов и необходимостью оптимизации эффективности более крупных инвестиционных программ становится все более очевидным и критическим. Правительства все чаще внедряют процессы стратегического планирования для руководства реализацией крупных инфраструктурных программ, отходя от практики, при которой решения об инвестициях в инфраструктуру обычно принимались в ответ на конкретные «узкие места» инфраструктуры. Это несоответствие между оценкой отдельных проектов и стратегическими целями транспортного планирования в целом становится понятным, например, в контексте настоятельной необходимости решения проблемы изменения климата. Этот императив имеет два существенных аспекта в отношении долгосрочной транспортной политики. Во-первых, это предполагает

уделение приоритетного внимания важности обеспечения низкоуглеродного развития транспорта для выполнения международных обязательств по ограничению выбросов парниковых газов и, следовательно, повышения температуры. Это подразумевает необходимость фундаментальных изменений в существующих транспортных системах и существенного отказа от использования личных автотранспортных средств, даже несмотря на постепенную электрификацию автопарка. Во-вторых, это предполагает обеспечение достаточной устойчивости транспортной инфраструктуры к ожидаемому увеличению частоты и серьезности экстремальных погодных явлений. Вопросы устойчивости необходимо учитывать при проектировании и строительстве новой инфраструктуры и при принятии решений о программах технического обслуживания и модернизации существующей инфраструктуры (OECD, 2018).

Традиционные процессы и методы оценки транспортных программ и проектов претерпели значительную эволюцию за последние десятилетия. В частности, как недавно было подчеркнуто МФТ (2021a), внешние последствия крупных транспортных проектов все чаще включаются в сферу их рассмотрения и оценки на основе анализа более широких экономических выгод. Эти внешние выгоды проистекают из положительного влияния инвестиций в улучшение транспортной инфраструктуры на эффективность функционирования растущих городских агломераций.

Кроме того, в рамках проведения анализа затрат и выгод (СВА) проектов были разработаны методы количественной оценки, монетизации и включения в рассмотрение более широкого спектра выгод и затрат. Несмотря на эти изменения, требуется дальнейший значительный пересмотр и модификация практики оценки транспортных программ и проектов для обеспечения того, чтобы она надлежащим образом учитывала более широкие политические цели, указанные выше.

Центральная проблема заключается в том, что традиционные оценки СВА, основанные на мобильности, не придают должного значения влиянию решений в области развития транспортной инфраструктуры на здоровье население, на местные и глобальные воздействия на окружающую среду или на такие факторы качества жизни, как эстетическое качество мест, находящихся в общественной собственности (ITF, 2020a).

Основное требование может заключаться в том, чтобы решить проблемы, связанные с тем, что «разрыв между разработкой политики в области городского транспорта и другими областями политики, такими как общественное здравоохранение или территориальное планирование... [вызывает] серьезные негативные социальные последствия, такие как хронические заболевания, преждевременная смертность (Khreis et al., 2016) или разделение общества» (Shortall and Mouter, 2021).

2. Достижение справедливости, устойчивости и других стратегических целей.

Оценка транспортных проектов долгое время была сосредоточена на использовании т. н. анализа «затрат и выгод» (СВА). СВА является одним из фундаментальных понятий экономики благосостояния. Данный вид анализа предоставляет четкую информацию об относительном воздействии различных вариантов решений на благосостояние населения, а также дает возможность выражать результаты в терминах четких, сопоставимых показателей.

Учитывая политический характер многих крупных решений об инвестициях в транспортную инфраструктуру, такие особенности СВА представляются его важнейшим преимуществом. Таким образом, этот вид анализа может использоваться в качестве противовеса осуществлению проектов по существу сформулированных только исходя из политических целей (Mouter, 2019).

Традиционный подход к СВА при оценке транспортных проектов использует совокупную стоимость **экономии времени в пути** в качестве основного показателя выгод от инвестиций в транспортную инфраструктуру. Деловым поездкам при этом придается более высокое значение, а распределению полученной экономии времени в пути уделяется мало внимания. Практика СВА постепенно развивалась, и в настоящее время все чаще используются методы косвенной оценки, которые обеспечивают денежную оценку широкого спектра воздействий транспортных проектов. Цели государственной транспортной политики расширились, стали уделять больше внимания экологическим и социальным вопросам. Однако СВА по-прежнему часто критикуется за чрезмерную узконаправленность.

Более широкий круг политических целей, которые должна учитывать оценка работы транспорта, все чаще вызывает вопросы о том, остается ли подход, ориентированный на СВА, уместным и адекватным. **В транспортном планировании все больше внимания начинает уделяться обеспечению доступности. Размеры и распределение выгод от повышения доступности становятся центральными соображениями.** Поскольку декарбонизация транспортной системы также имеет высокий приоритет, важно, чтобы относительная эффективность различных вариантов по этому критерию была точно проанализирована, а результаты четко доведены до сведения директивных органов. Влияние инвестиций на устойчивость транспортной системы перед лицом климатических и других угроз приобретает все более важное значение.

Инвестиционные программы в области транспорта в целом должны также способствовать достижению таких стратегических целей, как развитие видов транспорта, поддерживающих цели декарбонизации и улучшения условий жизни в городах. Во всех перечисленных областях оценка

на основе СВА продолжает подвергаться критике. Критики данного метода анализа считают, что он предоставляет недостаточную информацию об относительной эффективности различных потенциальных инвестиций в соответствии с расширенным кругом рассматриваемых целей. Некоторые специалисты по транспортному планированию утверждают, что расширение целей транспортного планирования неизбежно увеличивает несоответствие между личным выбором отдельных граждан и их предпочтениями в отношении распределения государственного финансирования транспорта. Например, Manaugh и др. (2015) отмечают, что на протяжении большей части 20-го века транспортные цели были почти полностью основаны на мобильности. Достижение связанных с этим целей сокращения заторов, экономии времени в пути и повышения безопасности движения для автомобилистов было относительно легко оценить по наблюдениям за (гипотетическим) частным потребительским выбором людей. В этом контексте СВА охватывала все основные цели транспортного планирования, определенные директивными органами в то время. Однако проекты городского транспорта в настоящее время преследуют как традиционные цели (например, финансовые затраты, экономия времени в пути, безопасность и снижение транспортных загрязнений), так и широкий спектр нетрадиционных целей. Примеры таких целей включают долгосрочную устойчивость, пригодность городов для жизни, декарбонизацию, жизнестойкость и социальную справедливость. Многие авторы утверждают, что государственные финансовые органы гораздо менее подготовлены к обеспечению выполнения этих нетрадиционных целей, поскольку они либо не включены в СВА, либо их невозможно оценить количественно, в том числе в монетарной форме (Shortall and Mouter, 2021).

В результате этого многие органы власти за рубежом в рамках стандартных процессов оценки и транспортного планирования требуют проведения одного или нескольких дополнительных анализов.

3. Критерии и экономические методы, используемые для комплексной оценки инвестиций на городском транспорте.

Многочисленные зарубежные исследователи (от Роберта Серверо до Сильви Фол и Эдуардо Васконселлоса) критикуют **традиционные методы экономической оценки транспортных инвестиций**. Акцент на обеспечиваемом уровне обслуживания (улично-дорожной сетью или транспортной системой) и стоимости затраченного времени имеет серьезные ограничения, если рассматривать проблему доступности в широком контексте. В частности, традиционные методы оценки, основанные на соотношении затрат и выгод, в целом сохраняют нейтральность в отношении тех субъектов, которые извлекают выгоду из улучшения доступности в результате реализации транспортного проекта. Сейчас разрабатываются новые, взаи-

модополняющие подходы, такие как многокритериальный анализ (МСА) и применение моделей доступности. Тем не менее, по-прежнему существует значительный пробел в анализе и применении этих типов инструментов анализа инвестиционных проектов. Наконец, сама структура финансирования транспортных проектов также может повлиять на обеспечение доступности.

Как показала зарубежная практика, обсуждения между государственными органами, транспортными экспертами и финансистами, занимающимися финансированием развития транспортной инфраструктуры, редко, если вообще когда-либо, затрагивают последствия принимаемых решений с точки зрения **неравенства доходов населения**, не говоря уже о **пространственном неравенстве**. Недавние обсуждения зарубежными экспертами вопросов мобилизации возможностей развития частного финансирования и изучения других механизмов финансирования транспортных проектов, между тем, зачастую игнорируют вопросы обеспечения инклюзивной доступности. С повышением внимания к механизмам государственно-частного партнерства (ГЧП) для содействия финансированию новых инвестиций и операций, включение целевого уровня цен на транспорт для домохозяйств с низким уровнем доходов в рамках схем ГЧП может усложнить и без того длительную подготовку контрактных соглашений. В зависимости от того, осуществляет ли государственный сектор контроль в отношении ценообразования и социальной политики, и также того, как соответствующие обязанности и риски распределяются между государственным и частным секторами, определяется, насколько эффективно могут быть решены социальные проблемы пространственного неравенства.

Распространенный подход заключается в использовании многокритериального анализа (МСА), который обычно включает в себя применение явных весовых коэффициентов к показателям эффективности для различных целей транспортной политики с тем, чтобы отразить мнения об их относительной важности. Однако использование МСА часто критикуется за определенную субъективность в установлении таких весовых коэффициентов. Его также иногда критикуют, поскольку построение единого рейтинга в качестве результата анализа может снизить прозрачность оценки. Хотя последнее скорее является критикой общепринятой практики МСА, а не внутренней слабости методологии, поскольку данный подход дает также возможность составлять такие итоговые отчеты МСА, в которых представлена вся матрица оценок воздействия и весовых коэффициентов, что обеспечивает очень прозрачный набор информации по всем рассматриваемым критериям оценки.

Некоторые эксперты также критикуют применение анализа МСА, утверждая, что даже там, где этот вид анализа применяется, анализ СВА часто продолжает играть доминирующую роль в принятии решений. На-

пример, Shiftan и др. (2021) утверждают, что «практика проведения МСА обычно включает в себя СВА в качестве основного критерия, часто уделяя мало внимания другим критериям, используемым в политике и политических дискуссиях по вопросам инвестиций в транспорт».

Обеспечение того, чтобы оценка проектов и, в конечном итоге, выбор того или иного проекта адекватно учитывали расширенный диапазон приоритетов политики, требует адаптации, расширения или дополнения используемых методов оценки. Расширенная процедура оценки проектов имеет важное значение для обеспечения того, чтобы все аспекты выгод, ожидаемых от инвестиций в транспорт, были учтены при проведении анализа и надлежащим образом количественно взвешены, в том числе с использованием сценарного анализа для устранения возможных значительных неопределенностей.

Без изучения этих типов фискальных и финансовых подходов при решении проблемы обеспечения инклюзивной доступности для населения любые стратегии планирования и экономического развития могут оказаться несостоятельными.

Для учета **недавних изменений в целях транспортной политики (ее переориентации с управления мобильностью на управление доступностью)** необходимы более широкие изменения в процессах транспортного планирования.

4. Изменение процедуры анализа затрат и выгод.

В то время, как современные методы оценки позволяют монетизировать и при проведении СВА включать в рассмотрение все больший спектр экологических и других последствий работы транспорта, серьезной проблемой остается способность СВА сравнивать *влияние потенциальных инвестиций на перераспределение транспортного спроса*. **Повышенное внимание к проблеме доступности сделало этот вопрос особенно актуальным.** Vonnafous (2021) отмечает противоречие между проблемами обеспечения социального равенства и прибыльностью проекта в большинстве случаев транспортных инвестиций. Это противоречие связано с увеличением отдачи от масштаба, что в части транспорта подразумевает, что наиболее прибыльные инвестиции – это те, которые осуществляются вдоль интенсивно используемых транспортных коридоров и в регионах с высокими объемами дорожного движения. При этом такие районы уже, как правило, имеют высокий начальный уровень доступности. Действительно, Vonnafous and Masson (2003) предложили формальное объяснение этого противоречия. Лица, определяющие политику, должны четко понимать влияние инвестиционных решений на обеспечение условий социального равенства. Это важно для того, чтобы они могли понять природу и масштабы компромиссов между социальным равенством и эффективностью и сделать, исходя из

этого, осознанный выбор между различными вариантами проекта.

Было предложено несколько других модификаций СВА и некоторые из них в большей или меньшей степени были реализованы. Некоторые из них позволяют центральным финансовым органам решать проблемы повышения социального равенства за счет принимаемых проектных решений путем изменения весовых коэффициентов, присваиваемых воздействиям на различные социальные группы. Многие из подобных модификаций системы оценки предполагают отход от ценностей, основанных на готовности потребителей платить (WTP) за такие преимущества, как экономия времени в пути. Это связано с тем, что значения, основанные на WTP, обязательно благоприятствуют проектам, которые приносят пользу преимущественно группам с более высоким доходом, чья большая платежеспособность обычно приводит к более высоким оценкам WTP (Martens, 2006). Как отмечают Shiftan и др. (2021), это подразумевает отклонение от теоретической основы СВА. Тем не менее, Jara-Díaz (2007) утверждает, что это согласуется с общими общественными предпочтениями людей придавать больший вес интересам социальных групп с низкими доходами при рассмотрении потенциальных социальных расходов.

Одной из альтернатив оценкам, основанным на WTP, является применение единой «справедливой» стоимости времени поездки ко всем пользователям предлагаемой транспортной услуги. Другой способ заключается в использовании обратных весовых коэффициентов, которые приписывают более высокие денежные значения выгодам, получаемым относительно небогатееполучными группами населения, и более низкие значения выгодам, получаемым относительно благополучными группами. Это повышает вероятность того, что будут отобраны транспортные проекты, приносящие более значительные выгоды группам населения с более низкими доходами. Основное обоснование этого подхода вытекает из экономической концепции уменьшающейся отдачи. **То есть если доступность рассматривается как товар или услуга, то данное повышение доступности будет менее высоко оценено теми, кто уже пользуется высоким уровнем доступности, по сравнению с теми, кто такой доступности не имеет.**

Критики утверждают однако, что принятие таких весовых коэффициентов недостаточно для эффективного решения проблем социального равенства и обеспечения адекватных **стандартов доступности для всех**. Например, K. Martens и F. Di Ciommo (2017) утверждают, что группы с низким доходом, люди с ограниченной мобильностью и другие группы, характеризующиеся небольшим количеством реализованных поездок и низкой стоимостью времени в пути, фактически остаются «невидимыми», если подходы СВА, основанные на измерении ценности экономии времени в пути, остаются центральными для оценки проектов. Nakhimas-Biran и Shiftan (2016) предлагают метод решения этой проблемы, основанный

на измерении субъективного благополучия (SWB). Поскольку группы населения с низкими доходами получают больший прирост благосостояния от данного улучшения доступности, показатель SWB, который авторы называют «субъективной ценностью доступности», компенсирует различия в доходах за счет включения в них факторов субъективного благополучия. Shiftan и др. (2021) отмечают: «Применение в проектах подхода, основанного на «анализе равных выгод» – одного из вариантов традиционного анализа затрат и выгод, основанного на благосостоянии – позволяет направлять выгоды, получаемые от увеличения доступности на группы населения с относительно низким уровнем доступности или относительно низкими доходами, что, скорее всего, будет приводить к лучшим результатам, по сравнению с проектами, использующими традиционные подходы к оценке принимаемых решений».

Di Ciommo (2021) выделяет еще один потенциальный подход к интеграции соображений социального равенства в СВА. Он предполагает замену использования единой базовой ставки дисконтирования, как это рекомендуется в руководящих документах большинства правительств по СВА, диапазоном ставок, которые отражают временные предпочтения различных групп, затронутых предлагаемым проектом. Предоставление лицам, принимающим решения, результатов СВА, рассчитанных с использованием обоих подходов к дисконтированию, показывает влияние включения в этот показатель соображений социального равенства. Однако такой подход также сопряжен с рядом трудностей. Во-первых, это, по-видимому, подразумевает презумпцию того, что подходящей концептуальной основой для установления ставки дисконтирования является социальная норма временных предпочтений. В отличие от этого, во многих инструктивных материалах по СВА утверждается (или требуется) использование издержек упущенной выгоды в рамках подхода, основанного на стоимости активов. Более того, хотя концептуальная основа для установления ставок дисконтирования и конкретных рекомендуемых значений ставок различается, в большинстве руководящих документов по проведению экспертиз утверждаются единые подходы к дисконтированию в разных секторах и в различных видах проектов. Этот момент отражает тот факт, что выбор ставки дисконтирования должен определяться более широким кругом факторов, чем те, которые связаны с оценкой эффективности в соответствии с конкретными целями в данном секторе (OECD, 2009).

Некоторые критики СВА ставят под сомнение надежность выявленных оценок, основанных на предпочтениях, как точного показателя предпочтений граждан в контексте государственной политики. Недавняя работа в области экономики благосостояния также обратила внимание на эти критические замечания, приняв точку зрения на то, что люди, как граждане (учитывая более широкое понимание общественного благосостояния), мо-

гут иметь иные предпочтения, чем те из них, которые просто выступают в роли потребителей. Эмпирические исследования подтверждают эту точку зрения, показывая, что люди оценивают воздействие транспортных проектов (например, экономию времени в пути и риск несчастных случаев) по-разному, в зависимости от того, проводится ли такая оценка с учетом расходов государственных бюджетов или с учетом затрат их личных бюджетов (Mouter et al., 2017, 2018, цитируется в Shortall and Mouter, 2021).

Оценка стоимости на основе участия (PVE) и совещательная денежная оценка (DMV) являются двумя примерами этой работы. Сторонники PVE и DMV предлагают эти методы в качестве дополнения, а не альтернативы СВА. В PVE отдельные лица в экспериментальном контексте получают информацию о последствиях нескольких возможных государственных проектов при ограниченном государственном бюджете. В ходе этого мероприятия собираются данные об их предпочтениях в распределении ограниченных государственных ресурсов (Mouter et al., 2021), в отличие от традиционного СВА, когда эти предпочтения выводятся на основе их выбора исходя из частных бюджетов. Затем оценщики могут ранжировать эти проекты по степени их желательности (Shortall and Mouter, 2021). PVE потенциально позволяет отдельным лицам выражать более широкий спектр предпочтений в отношении государственной политики, чем при использовании существующих методов (Mouter, Koster and Dekker, 2019). DMV «развивает представления о социальной готовности платить и признавать, которые отличаются от совокупности индивидуальных ценностей» (Spash, 2007). При таком подходе различия в оценке возникают в результате того, что отдельные лица используют различные процессы оценки в групповом и индивидуальном контекстах (см. также Shortall and Mouter, 2021). DMV стремится признать важность общественного взаимодействия в формировании предпочтений, предлагая людям выразить свои предпочтения после использования одного или нескольких механизмов обсуждения. Примеры включают групповые обсуждения, консультации с экспертами или форум. Этот совещательный аспект позволяет гражданам учиться друг у друга, формировать аргументированные мнения и оценивать позиции. В нем также рассматриваются критические замечания в адрес отдельных традиционных подходов СВА при формировании предпочтений (Kenter et al., 2016).

Оба метода направлены на дополнение стандартной экономики благосостояния. Однако на сегодняшний день пока накоплен небольшой опыт их использования. Следовательно, их практическая способность реагировать на критику СВА остается неизвестной (Shortall and Mouter, 2021). Более того, оба подхода делают выводы на основании заявлений людей об их предпочтениях в гипотетических ситуациях. Хотя это потенциально позволяет собирать данные по более широкому кругу вопросов, надежность результатов зависит от качества гипотетических сценариев. Причина это-

го состоит в том, что результаты исследований заявленных предпочтений обычно считаются менее надежными, чем результаты, основанные на анализе фактического поведения потребителей. Это различие свидетельствует об осторожности при использовании этих новых методологических инструментов. Некоторые критики СВА бросают вызов утилитарной перспективе, лежащей в основе парадигмы экономики благосостояния. Например, Van Wee и др. (2014) утверждают, что утилитаризм может не учитывать важнейшие **моральные аспекты транспортной политики**, такие как свобода выбора или смягчение неравенства. Таким образом, несколько предложенных альтернативных или дополнительных аналитических инструментов (например, некоторые совещательные подходы) не основаны на экономике благосостояния.

Другая критика попыток решения вопросов обеспечения социального равенства в рамках традиционного СВА заключается в относительном отсутствии прозрачности, которое, учитывая агрегированный характер СВА, влекут за собой эти подходы. Даже в тех случаях, когда применяются весовые коэффициенты, основанные на учете вопросов социального равенства, лица, принимающие решения, не обязательно получают информацию об их принятых значениях. Это затрудняет или делает невозможным для них сравнение эффективности различных вариантов по этому конкретному критерию. Веса, используемые для получения этих значений социального равенства, также часто плохо обоснованы. Проекты с неудовлетворительными результатами распределения весов могут по-прежнему получать более высокие оценки в целом (т. е. по чистой приведенной стоимости или соотношению выгод и затрат), но лица, принимающие решения, могут оставаться в неведении об этом, если они не получают информацию о влиянии распределения весов наряду с агрегированными результатами СВА (Shiftan et al., 2021).

Эти недостатки, возможно, делают использование СВА, модифицированного для решения проблем обеспечения социального равенства, плохим решением, по крайней мере в условиях, когда воздействие на распределение получаемых воздействий имеет центральное значение для определения целей политики. Более того, если к анализу имеют отношение несколько политических целей, выбор весовых коэффициентов для применения в рамках СВА может стать сложной задачей. На практике определение воздействия рассматриваемых предложений на конкретные группы пользователей в невзвешенных терминах и обсуждение их (предложений) различных распределительных воздействий остается, наряду с совокупными результатами СВА, более распространенным средством решения проблем социального равенства при проведении СВА. Затем этот метод дополняется качественным обсуждением, посвященным характеру и степени компромиссов между социальным равенством и эффективностью при реализации

рассматриваемых предложений.

Например, в руководящих принципах, выпущенных Нидерландским Бюро анализа экономической политики (2013), говорится, что если распределительный эффект от предлагаемых инвестиций является значительным, Центральный банк должен уточнить это распределение по социальным группам, чтобы политики могли определить, какой вес следует придавать этим эффектам. Как отмечают G. Gomiijn и G. Renes (2013): «Результат этого упражнения может затем послужить основой для принятия решения, например, о том, что мера, обеспечивающая отрицательную норму прибыли, все равно должна быть реализована из-за ее распределительных эффектов. И наоборот, СВА можно использовать для ранжирования мер, направленных на более благоприятное распределение доходов или благосостояния в соответствии с их воздействием на экономическое благосостояние».

Такой подход повышает прозрачность различных используемых подходов к определению весовых коэффициентов за счет представления информации о воздействии на отдельные группы населения в дезагрегированном формате. На практике это означает, что эти веса присваиваются избранными политиками, а не должностными лицами. С другой стороны, здесь, возможно, может также наблюдаться потеря прозрачности, поскольку весовые коэффициенты, которые политики применяют при выборе между предложениями, уже подразумеваются в обязательном порядке. Там, где речь идет о множественных распределительных воздействиях (или запросах), может быть сложно понять, какие распределительные запросы были учтены весовыми коэффициентами и в какой степени.

Однако основная задача состоит в том, чтобы включить в процедуры проведения анализа и в процесс принятия политических решений вопросы распределения результатов воздействий между различными социальными группами. На практике, **если доступность не является явной частью целей транспортной политики, это (а не методологические ограничения или расхождения во взглядах) может быть причиной того, что СВА не в состоянии адекватно решить вопросы распределения эффекта относительно этой цели.**

5. Интеграция анализа затрат и выгод и дополнительных аналитических инструментов.

Многие процессы оценки государственных проектов в настоящее время требуют применения дополнительных аналитических инструментов, параллельных с СВА. Такие инструменты направлены на то, чтобы лучше оценить последствия, которые, как считается, СВА не в состоянии адекватно оценить. Они включают в себя различные меры по оценке **доступности**, анализ воздействия на окружающую среду и климат, а также оценку гендерных последствий различных вариантов инвестирования (см. вставку).

Вставка 1. Включение анализа доступности в оценку работы транспорта в Израиле (источник: Tel Aviv–Yafo Municipality (2017), «The Strategic Plan for Tel Aviv–Yafo: The City Vision», December 2017, www.tel-aviv.gov.il/Residents/Development/DocLib1/City%20Vision%202017.pdf.)

В ответ на Национальный план Израиля по развитию общественного транспорта на 2012 год группа правительственных министерств, экспертов и консультантов совместно разработала стратегический план развития ОПТ в крупнейшем мегаполисе страны - Тель-Авиве. Методология объединила стратегические, долгосрочные инструменты, более детальное транспортное планирование и сетевое моделирование с использованием транспортной модели, основанной на жизнедеятельности в г. Тель-Авиве. План включал в себя отказ от текущей модели, в которой доминируют дороги, и переход к высокому уровню использования метро. Тремя категориями стратегических целей были (а) уровень обслуживания (включая доступность, охват транспортной системой и услугами, а также скорость), (б) уровень использования ОПТ и (в) уровень требуемых инвестиций. Дизайн, выбранный для транспортной сети, отражал эти стратегические цели, характеристики спроса, текущее и ожидаемое в будущем землепользование, а также форму систем ОПТ в аналогичных городах.

Затем политики в Комитете по общественному транспорту (МТС) установили цели, критерии и весовые коэффициенты, необходимые для обеспечения проведения МСА для оценки выявленных альтернатив. Четырьмя основными критериями, рассмотренными в анализе, и весовыми коэффициентами, присвоенными каждому из них, были транспорт (40%), экономические критерии (30%), качество жизни и окружающая среда (20%) и осуществимость (10%). Социальное равенство было проанализировано отдельно, как уникальный аспект при оценке варианта плана с акцентом на доступность.

Влияние вариантов стратегического плана было проанализировано с использованием модели спроса на поездки, которая разделила столичный регион на 1 310 зон. Демографические данные были получены для каждой зоны (например, количество домохозяйств, численность населения, распределение по полу и возрасту, владение автомобилями и занятость). Затем долгосрочные планы землепользования и планы жилищного строительства были использованы для прогнозирования этих зональных характеристик на целевые 2030, 2040 и 2050 годы.

Это прогнозирование позволило оценить изменение доступности для каждой зоны за каждый целевой год. Кроме того, были рассчитаны изменения в уровнях доступности для каждой социально-экономической группы. Эти расчеты показали, что реализация плана приведет к значительному повышению доступности для всех обслуживаемых зон по предложенным линиям ОПТ. Эти выгоды были значительно выше для самых низких социально-экономических групп.

*Политики выбрали радиальную транзитную сеть, основанную на трех линиях метро и трех линиях легкорельсового транспорта. Три линии скоростных автобусов дополняют эту сеть, образуя внешнее кольцо и обеспечивая местное сообщение на окраинах города. Как показали расчеты, после реализации плана все социально-экономические группы будут иметь **уровень доступности**, который соответствует или превышает (т. е. лучшие) целевой уровень в 50% пунктов назначения в течение 45 минут.*

Полученные уровни доступности очень схожи для всех групп, в отличие от текущего положения.

Дополнительный анализ социального равенства включал сравнение кривых Лоренца и коэффициентов Джини для случаев до и после ввода в действие метро. Таким образом, анализ продемонстрировал характер и степень получаемых выгод от улучшения социального равенства и доступности. Транспортные эксперты часто представляют этот тип анализа лицам, принимающим решения, наряду с результатами СВА. Таким образом, СВА остается важным инструментом, особенно если правительства приняли пороговые значения, которые должны быть соблюдены до утверждения проекта (например, положительную чистую приведенную стоимость, минимальное соотношение выгод и затрат).

Однако проведение отдельного анализа доступности позволяет сравнить размер и частоту увеличения доступности с результатами традиционного СВА. Это обеспечивает прозрачность принятия решений о характере и масштабах любых компромиссов между социальным равенством и эффективностью. Напротив, включение в СВА весовых коэффициентов, учитывающих вопросы социального равенства при распределении эффектов проекта между отдельными социальными группами, будет, вероятно, менее прозрачно. См. Shifan et al. (2021).

ОЭСР задокументировала аналогичные изменения в экспертизе предлагаемого регулирования. В этом контексте многие страны дополнили требования СВА мандатами на четкое решение конкретных политических вопросов, вызывающих озабоченность. Примеры включают воздействие регулирования на конкуренцию, торговлю, малый бизнес, административные барьеры, окружающую среду, устойчивое развитие, региональное развитие, гендерное равенство, бедность и коренное население.

Основным обоснованием принятия большинства из этих дополнительных требований является обеспокоенность тем, что традиционные СВА не дают адекватного ответа на важнейшие вопросы распределения получаемых эффектов (OECD, 2009). Однако в связи с этим возникает проблема интеграции результатов этих видов анализа для предоставления согласованного набора информации лицам, принимающим решения. ОЭСР ранее определила риск потери аналитической согласованности в качестве основной проблемы при проведении нескольких взаимодополняющих видов анализа (OECD, 2009).

Многокритериальный анализ

Shifan и др. описывают многокритериальный анализ (МКА), в котором результаты СВА включены в качестве одного из элементов анализа, как «основной альтернативный подход» для решения проблемы зависимости от расширенного СВА. Они также определяют основное различие между двумя подходами: **«В отличие от анализа затрат и выгод (СВА), многокритериальный анализ (МКА) не выражает все эффекты в одном из»**

мерении (деньги), а использует несколько измерений одновременно». Они утверждают, что, в отличие от СВА, МСА является открытым и может включать в себя дополнительные критерии.

МСА может использоваться для оценки воздействия предлагаемых инвестиций с точки зрения региональных, социальных и гендерных аспектов равенства. Что касается социального равенства, то оно может включать различные индексы неравенства доходов, такие как индексы Джини или Пальмы, чтобы обеспечить различные точки зрения на распределительные последствия реализации потенциальных проектов. Включение в анализ более широкого спектра показателей равенства может привести к тому, что этот критерий будет более взвешенным в целом, способствуя лучшему пониманию конкретных проблем равенства, о которых идет речь, и их масштабов.

Shifan и др. (2021) также ссылаются на сводный показатель неравенства в области устойчивой мобильности (SUMINI), разработанный Tompulos & Grant-Muller (2013). SUMINI использует подход МСА для количественной оценки ряда воздействий инвестиций в инфраструктуру на социальное равенство и включает веса критериев, полученные от заинтересованных сторон, как часть процесса установления аналитической иерархии. Также следует отметить подход Уильямса и др. (Williams et al., 2020) «Система показателей транспортного равенства», который обеспечивает основу для учета социального равенства при отборе проектов и ранжировании. Они основывают свой подход на обзоре литературы и практики учета факторов равенства при оценке проектов и установлении приоритетов. Такой подход включает в себя ряд критериев, связанных с равенством, и позволяет присвоить вес каждому из них после консультаций с соответствующими заинтересованными сторонами.

Практическое воздействие МСА зависит от того, как планировщики сообщают о своих результатах лицам, принимающим решения, и заинтересованным сторонам. Shifan и др. (2021) выделяют три широких подхода:

1. Принятие весовых коэффициентов критериев для отражения относительного политического приоритета, придаваемого каждому воздействию, и суммирование взвешенных баллов по каждому критерию для получения общего показателя эффективности, позволяющего составить единый рейтинг вариантов.

2. Представление директивным органам матрицы воздействий без суммирования оценок по различным критериям, чтобы обеспечить более богатую базу данных для принятия обоснованных решений.

3. Предоставление набора невзвешенных оценок для различных вариантов по каждому из критериев эффективности, что позволяет различным заинтересованным сторонам определять свои собственные веса (отражающие их собственные приоритеты) и, таким образом, их собственные рейтинги вариантов проекта, облегчая процесс принятия политических реше-

ний.

Использование этих подходов частично отражает трудность присвоения весовых коэффициентов критериям в качестве основы для получения агрегированного результата. Как было предложено выше, мнения заинтересованных сторон о соответствующих весовых коэффициентах могут существенно отличаться. Таким образом, может возникнуть противоречие между подготовкой комплексного анализа и достижением высокого уровня принятия анализа заинтересованными сторонами.

Shifan и др. (2021) утверждают, что, независимо от используемого подхода, МСА, который включает СВА в качестве одного из элементов анализа, предоставляет лицам, принимающим решения, значительно больше информации, чем расширенный СВА. Эта большая прозрачность также обеспечивает основу для более широкого участия в определении приоритетов и выборе. Однако МСА уже давно подвергается критике за привнесение в анализ субъективности и отсутствие прозрачности. Эти критические замечания сосредоточены на том, как МСА определяет веса и баллы, являются ли эти элементы прозрачными в опубликованных результатах МСА и, следовательно, могут ли они быть проанализированы и подвергнуты критике. Распределение весовых коэффициентов критериев открыто для манипуляций сторонниками конкретных вариантов проектов (ОЭСР, 2009). Эксперты по проблеме и фокус-группы, с которыми проводились консультации по поводу установления весовых коэффициентов и оценки воздействия, часто назначаются на инициативной основе (если им направлено общее приглашение) или принадлежат к определенным заинтересованным группам. Это приводит к риску того, что заинтересованные группы и специальные ходатайства могут оказывать ненадлежащее влияние на результаты МСА (Dobes and Bennett, 2009).

Отражая эти опасения, некоторые правительственные аналитические рекомендации ограничивают использование МСА конкретными обстоятельствами. Например, «Зеленая книга» Великобритании недвусмысленно отвергает использование простого МСА «из-за отсутствия прозрачной объективности» (HM Treasury, 2020a). Вместо этого допускается использование только более сложного варианта, который называется «многокритериальным анализом решений» (MCDA). При этом заявляется, что MCDA не следует путать с простым взвешиванием и подсчетом баллов, иногда называемым многокритериальным анализом (МСА). Этот последний подход не является признанным подходом «Зеленой книги» из-за отсутствия в нем прозрачной объективности. Более того, использование MCDA разрешено только при рассмотрении немонетизированных компромиссов на этапе формирования «длинного списка» проектов, а не в качестве замены СВА при оценке предложений, включенных в «короткий список».

В «Зеленой книге» (HM Treasury, 2020a) также подчеркивается необхо-

димось уделять значительное внимание контролю качества: «Для эффективной работы MCDA требуется, чтобы лица, принимающие решения на высшем уровне, старшие эксперты и заинтересованные стороны были собраны на семинаре при содействии независимого эксперта-фасилитатора, имеющего опыт работы в MCDA и использования т. н. «свинг-взвешивания» (swing weighting)²⁵». Этот осторожный подход к использованию МСА заметно отличается от предыдущих изданий «Зеленой книги». В издании 2003 года описывались «взвешивание и оценка (иногда называемая многокритериальным анализом)», как наиболее распространенный метод сравнения недооцененных затрат и выгод. В нем содержались существенные рекомендации по применению метода и ссылки на подробное руководство (HM Treasury, 2003). Нынешний скептический подход, возможно, отражает реакцию на проблемы, возникшие при предыдущем использовании МСА на практике.

Другие критические замечания в адрес МСА носят более фундаментальный характер. Например, L. Dobes and J. Bennett (2009) утверждают, что МСА нарушает принцип размерности, пытаясь сравнить непохожие свойства в общем масштабе. Они отмечают, что эта проблема усугубляется, когда МСА эффективно умножает основные числа (количества того, что измеряется) на порядковую шкалу («оценка», присвоенная каждому критерию) и интервальную шкалу (используемые веса), затем обрабатывает результат как основное число, которое может быть добавлено к другим основным числам.

В целом, как отмечают специалисты, МСА страдает от своих собственных методологических ограничений. Как и СВА, этот метод требует значительных затрат экспертных ресурсов для обеспечения высококачественного результата. Таким образом, хотя МСА потенциально может обеспечить основу для интеграции различных аналитических инструментов, его эффективное использование требует разработки подробного руководства, положений о прозрачности и независимого надзора. Shortall, R. and N. Mouter (2021) утверждают, что хотя использование дополнительных инструментов повышает ценность получаемых оценок, устраняя одно или несколько критических замечаний в адрес СВА, ни один из методов не сможет устранить их все, поскольку ни один из них не сможет включить все аспекты оценки транспортной политики (экологические, экономические, социальные, эти-

²⁵ «Свинг» (колебательное) взвешивание весомости факторов является альтернативой прямому ранжированию. Оно учитывает диапазон значений, наблюдаемых для данного критерия. Это важное различие, поскольку, например, конкретная заинтересованная сторона может счесть топливную экономичность автомобилей чрезвычайно важной при обсуждении разницы между 16 км пробега на 4,55 литра топлива для автомобиля с ДВС и 80 км на 4,55 литра топлива для гибрида, но совсем не важной, если разница составляет всего 1,6 км на 4,55 литра. Для свинг-взвешивания веса критериев должны быть установлены таким образом, чтобы можно было определить относительную важность критерия x и использовать его в дальнейшем анализе.

ческие). Авторы приходят к выводу о необходимости дальнейших исследований того, как можно эффективно комбинировать различные методы многокритериальной оценки и использовать их соответствующие сильные стороны. Подготовка сводного оценочного документа для лиц, принимающих решения, с изложением результатов СВА и проведением дополнительных анализов позволят, вероятно, более эффективно донести до лиц, принимающих решения, жизненно важные соображения. Такой документ будет также более прозрачен, чем отдельный результат МСА или балльная оценка.

НЕКОТОРЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ К ПРИЛОЖЕНИЮ 5

1. Accessibility and Transport Appraisal: Summary and Conclusions, ITF Roundtable Reports, No. 182, OECD Publishing, Paris, www.itf-oecd.org/accessibility-and-transport-appraisal.

2. Shiftan, Y. et al. (2021), “Accounting for equity in transport appraisal”, Paper commissioned for the ITF Roundtable “Broadening Appraisal to Capture the Full Impact of Transport Investments”, 29 September – 1 October 2021 [available on request].

3. HM Treasury (2020b), “Green Book Review 2020: Findings and response”, UK Government, London, www.gov.uk/government/publications/final-report-of-the-2020-green-book-review.

4. OECD (2018), “Climate-resilient Infrastructure”, OECD Environment Policy Papers, No. 14, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4fd9eaf-en>.

5. ITF (2021a), Developing Strategic Approaches to Infrastructure Planning, ITF Research Report, OECD Publishing, Paris, www.itf-oecd.org/developing-strategic-approaches-infrastructure-planning.

6. ITF (2020a), Accessibility and Transport Appraisal: Summary and Conclusions, ITF Roundtable Reports, No. 182, OECD Publishing, Paris, www.itf-oecd.org/accessibility-and-transport-appraisal.

7. Khreis, H. et al. (2016), “The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions”, *Journal of Transport & Health*, Vol. 3/3, pp. 249–267, <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.07.002>.

8. Shortall, R. and N. Mouter (2021), “Social and distributional impacts in transport project appraisals”, in R.H.M. Pereira and G. Boisjoly (eds), *Social Issues in Transport Planning, Advances in Transport Policy and Planning*, Vol. 8, pp. 243–71, <https://doi.org/10.1016/bs.atpp.2021.07.003>.

9. Mouter, N., P. Koster and T. Dekker (2019), “An Introduction to

Participatory Value Evaluation”, Tinbergen Institute Discussion Paper 2019-024/V, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3358814>.

10. Bonnafous, A. (2021), “Analysis of the system of transport appraisal implemented in France and some methodological innovations”, Paper commissioned for the ITF Roundtable “Broadening Appraisal to Capture the Full Impact of Transport Investments”, 29 September – 1 October 2021 [available on request].

11. Bonnafous, A. and S. Masson (2003), “Evaluation des politiques de transports et équité spatiale” [Evaluation of transport policies and spatial equity], *Revue d’Economie Regionale Urbaine*, 2003/4, pp. 547–72, <http://doi.org/10.3917/reru.034.0547>.

12. Martens, K. (2006), “Basing transport planning on principles of social justice”, *Berkeley Planning Journal*, Vol. 19/1, pp. 1–17, <https://doi.org/10.5070/BP319111486>.

13. Jara-Díaz, S.R. (2007), *Transport Economic Theory*, Elsevier Science, Amsterdam.

14. Martens, K. and F. Di Ciommo (2017), “Travel time savings, accessibility gains and equity effects in cost– benefit analysis”, *Transport Reviews*, Vol. 37/2, pp. 1–18, <http://doi.org/10.1080/01441647.2016.1276642>.

15. Di Ciommo, F. (2021), “Broadening appraisal to incorporate consideration of gender impacts”, Presentation at ITF Roundtable “Broadening Appraisal to Capture the Full Impact of Transport Investments”, 29 September – 1 October 2021.

16. OECD (2009), *Regulatory Impact Analysis: A Tool for Policy Coherence*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264067110-en>.

17. Mouter, N., P. Koster and T. Dekker (2019), “An Introduction to Participatory Value Evaluation”, Tinbergen Institute Discussion Paper 2019-024/V, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3358814>.

18. Spash, C.L. (2007), “Deliberative monetary valuation (DMV): Issues in combining economic and political processes to value environmental change”, *Ecological Economics*, 63/4, pp. 690–99, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.014>.

19. Van Wee, B., M. Hagenzieker and W. Wijnen (2014), “Which indicators to include in the ex ante evaluations of the safety effects of policy options? Gaps in evaluations and a discussion based on an ethical perspective”, *Transport Policy*, Vol. 31, pp. 19–26, <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2013.11.002>.

20. Gomiijn, G. and G. Renes (2013), *General Guidance for Cost-Benefit Analysis*, Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis and Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.

21. Williams, K.M. et al. (2020), “Transportation Equity Scorecard: A tool for project screening and prioritisation”, Center for Transportation, Equity, Decisions, and Dollars, University of Texas at Arlington.

22. Dobes, L., and J. Bennett (2009), “Multi-Criteria Analysis: ‘Good Enough’ for Government Work?”, *Agenda: A Journal of Policy Analysis and Reform*, Vol. 16/3, pp. 7–29, www.jstor.org/stable/43200260

23. HM Treasury (2003), *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*, UK Government, London.

Направления обеспечения устойчивого (безопасного и низкоуглеродного) развития транспорта и мобильности в городах

1. Сдерживание роста транспортного спроса:

- создание условий для максимально возможного перевода компаний и/или отдельных сотрудников на дистанционные методы работы;
- продолжение практики организации совещаний, конференций, семинаров и прочих мероприятий в режиме «on-line»;
- перевод части учебных занятий в организациях высшего, среднего специального и дополнительного образования в дистанционный режим (семинары, консультирование проектов и т. д.);
- изменение графиков работы предприятий и организаций, отдельных сотрудников с целью снижения пассажиропотоков в часы «пик»;
- развитие системы торгового и социально-бытового обслуживания населения в шаговой доступности с уровнем ассортимента и качества товаров и услуг, в полной мере удовлетворяющим потребностям разных групп населения («смешанное использование» территорий);
- развитие системы дистанционной торговли и доставки товаров, выездного оказания услуг.

2. Исключение условий формирования гипермобильности при реализации градостроительных проектов (в частности – при реализации программы реновации):

- законодательное установление ограничений на плотность и этажность застройки (уровень федерального и регионального законодательства);
- установление требований по созданию социальных пространств, дворовых территорий, адекватных характеристикам (в частности, этажности) застройки;
- реализация на уровне градостроительного планирования концепции смешанного использования («mixed-use» development) территорий;
- реализация концепции транзитно-ориентированной застройки городских территорий.

3. Обеспечение безопасности (движения, экологической) и экономичности используемых транспортных средств:

- внедрение требований стандарта «Евро-6» для вновь производимых и ввозимых в Россию автотранспортных средств (их принятие в одностороннем порядке в случае невозможности реализации процедуры в рамках Таможенного Союза);
- совершенствование процедур периодического технического осмотра подвижного состава, предрейсового технического контроля АТС;

- осуществление эффективного контроля экологических характеристик автотранспорта в эксплуатации (выведение этой процедуры из периодического техосмотра, передача полномочий контроля за ее осуществлением Росприроднадзору, ужесточение наказаний за несоответствие экологических характеристик автомобилей их установленному классу) (в настоящее время распространена практика демонтажа систем нейтрализации ОГ, чип-тюнинга бортовых компьютеров, практически не осуществляется замена при ТО штатных нейтрализаторов при выработке их ресурса и т. д.);

- внедрение системы дистанционного контроля выбросов автотранспортных средств на дорогах (по аналогии с существующими в целом ряде стран), принятие необходимых законодательных норм;

- принятие законодательных норм, стимулирующих приобретение и использование автотранспортных средств с электроприводом (электромобили, штепсельные гибриды, автомобили на топливных элементах), создание для них заправочной инфраструктуры;

- поддержка государством и местными органами власти развития городского общественного пассажирского электротранспорта (трамваи, троллейбусы, электробусы, метро, городская электричка) как основы магистральной сети ОПТ в городах.

Неопределенность дальнейшего развития экономической ситуации, наличие традиционных глобальных угроз и новых рисков, связанных как с возможными новыми глобальными эпидемиями, так и с нестабильностью внешнеполитической ситуации, бурное развитие цифровых технологий и изменение моделей трудовой деятельности и поведения населения – все это требует разработки вариантных сценариев трансформации транспортной системы и определения новых направлений транспортной политики в условиях т. н. «новой нормали».

В.В. Донченко

**УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ
СИСТЕМЫ:**

**изменение парадигмы планирования и развития
городского транспорта**

Учебник

Редактор А.С. Нестерова
Корректор А.Ю. Любимова
Компьютерная верстка М.Л. Белуш

Подписано в печать 29.06.2023 г.
Формат 60×90 1/16. Печать цифровая.
Тираж 1000 экз. Заказ № 1.

Издательство Агентство РАДАР
ООО «Агентство дорожной информации РАДАР»
E-mail: road-auto@mail.ru

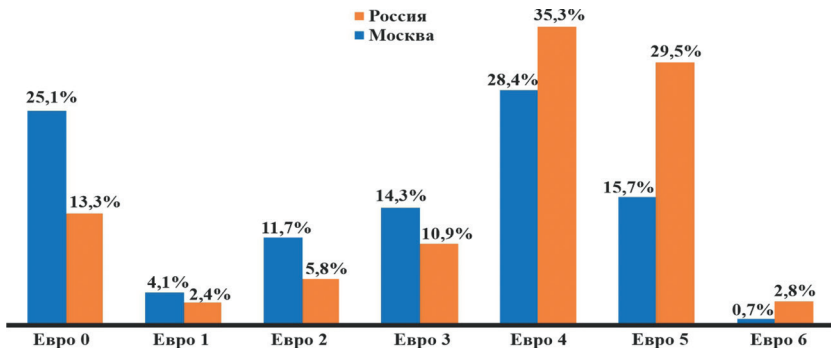


Рис. 1.1. Распределение автомобильного парка по экологическим классам в России в целом и в Москве на 01.01.2019, (%) (Аналитическое агентство “Автостат” - РАДАР, 2018) (к стр. 16)

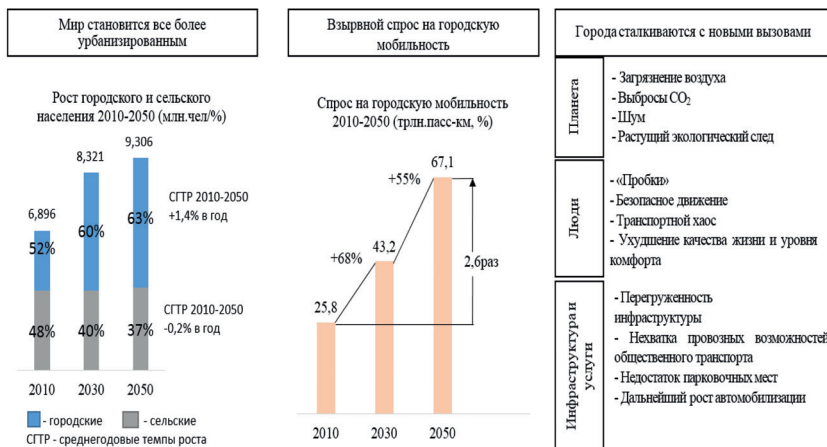


Рис. 2.1. Проблемы урбанизации [12] (к стр. 23)

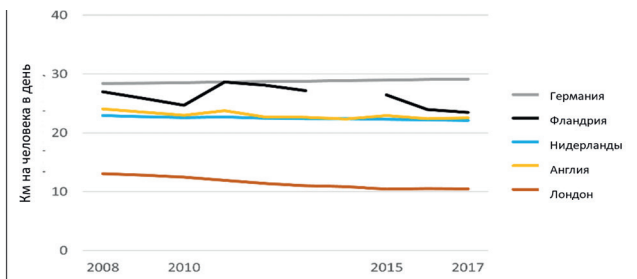
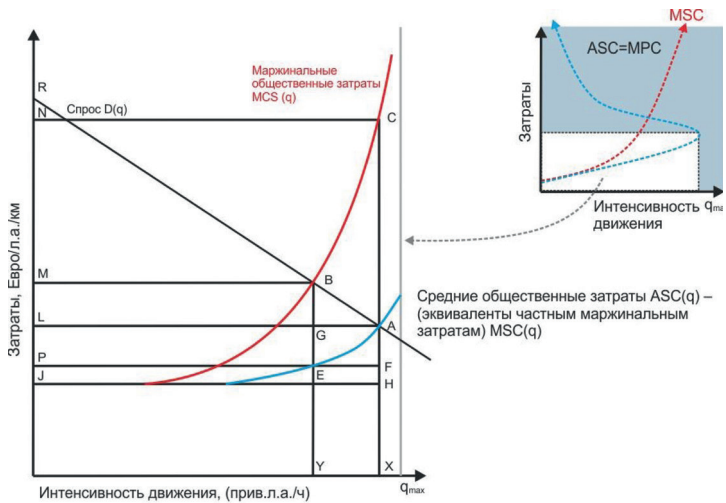


Рис. 2.3. Фактические данные о протяженности ежедневных перемещений жителей в ряде европейских стран в период с 2008 по 2017 гг.¹ (к стр. 28)

¹ Arie Bleijenbergh, New Mobility – Beyond the Car Era. Eburon Academic Publishers, 2020



Источник: Адаптировано из Button, K. in Santos, ed., Road Pricing Theory and Evidence, 2006

Рис. 2.6. «Упрощенная» диаграмма образования заторов на дорогах (к стр. 45)

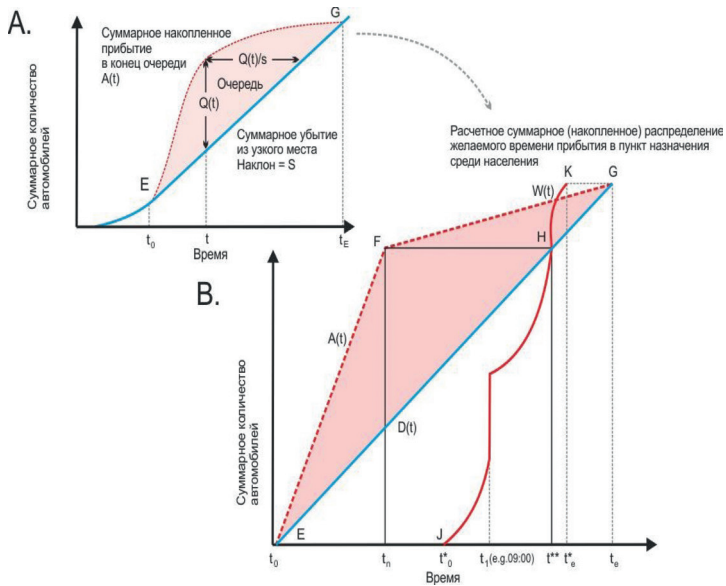


Рис. 2.7. Модель «узкого места» (bottleneck): эволюция очереди и равновесное время поездки (Источник: ECMT, 2007) (к стр. 47)



Рис. 2.10. Вклад транспортных загрязнений воздуха в смертность от ряда хронических заболеваний в крупных европейских городах (Источники: [17] со ссылкой на Министерство транспорта Великобритании и Мишеля Андре (INRETS, Lion, France) (к стр. 60)

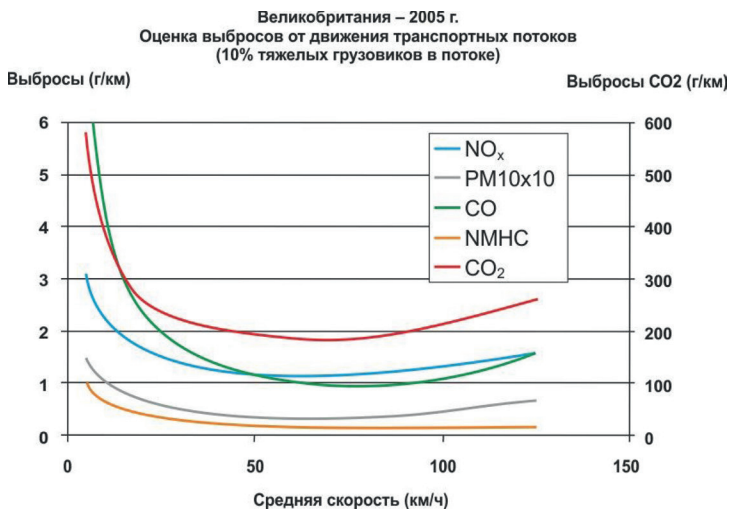


Рис. 2.11. Зависимость удельных (в г/км) выбросов различных загрязняющих веществ и CO₂ от средней скорости движения транспортного потока (к стр. 61)

Автомобили с существенными дефектами (%)

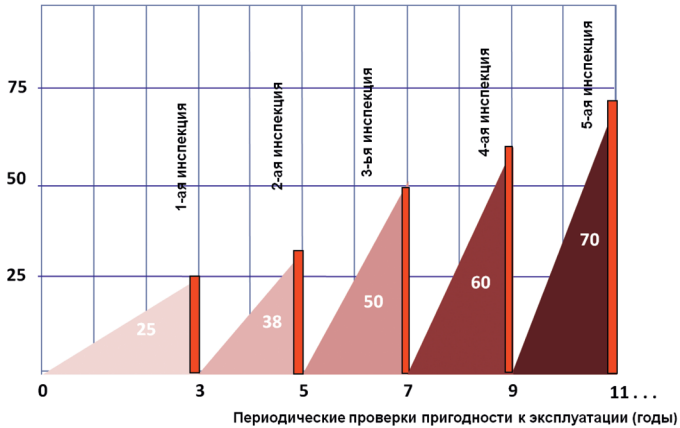


Рис. 2.14. Ухудшение технического состояния автомобиля с ростом срока его эксплуатации (к стр. 70)



Рис. 2.21. Цели устойчивого развития (к стр. 101)



- Проект А**
 20 000 авт./день
 сэкономят 30 секунд на каждый автомобиль
 при цене единицы времени 7 евро/час
 Выгода 4 миллиона евро/год
- Проект В**
 500 авт./день
 сэкономят 15 минут на каждый автомобиль
 при цене единицы времени 7 евро/час
 Выгода 3 миллиона евро/год

Источник: ЕСМТ, 2007

Рис. 3.20. Сравнение двух проектов с разными значениями получаемой экономии времени (к стр. 179)

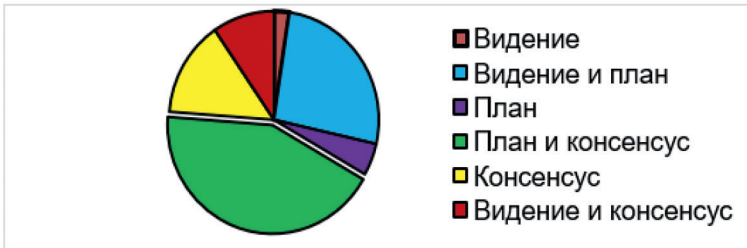


Рис. 4.4. Результаты опроса администраций ряда европейских городов об используемых подходах к выработке решений в транспортных системах (к стр. 235)

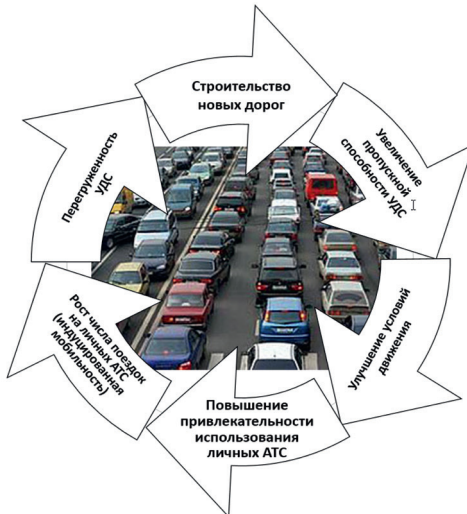
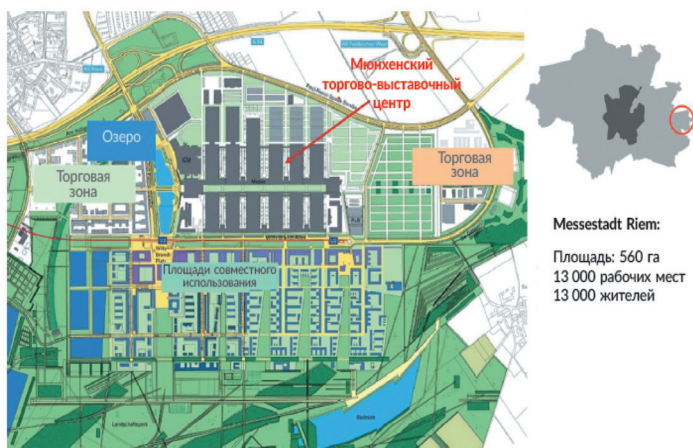
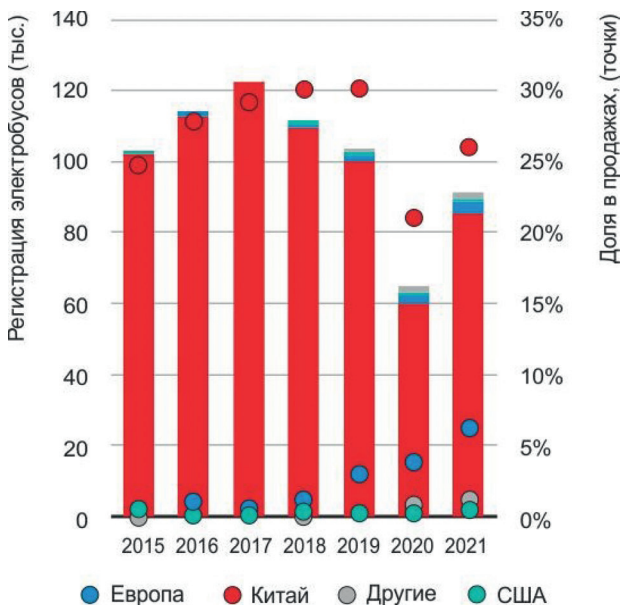


Рис. 4.10. «Порочный круг» автомобилизации (к стр. 257)



Источник: www.messestadtriem.com.

Рис. П.1. Реконструкция территории бывшего аэропорта Munich Riem в 2013 г. (к стр. 285)



К «другим» относятся: Австралия, Бразилия, Канада, Чили, Корея, Индия, Япония, Мексика, Ю.Африка, Таиланд, Малайзия, Новая Зеландия.

Рис. 5.9. Продажи электробусов в ряде стран (к стр. 339)

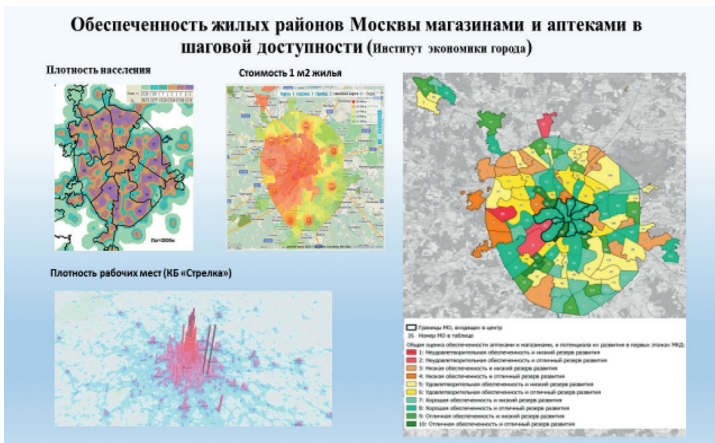
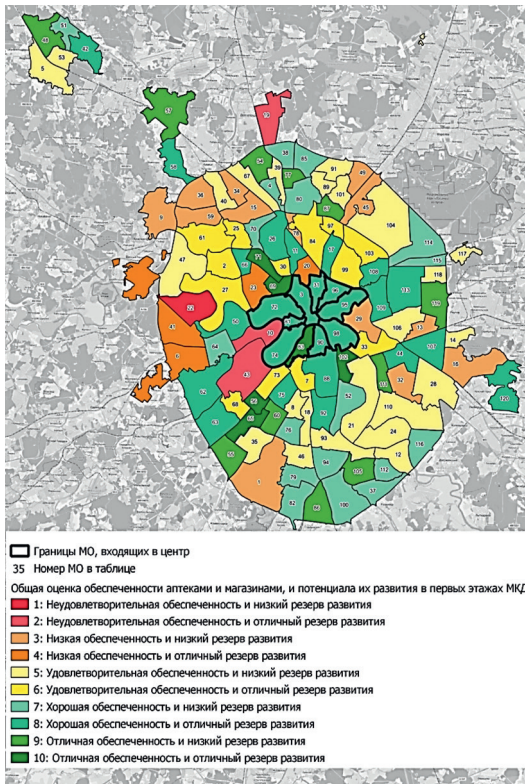
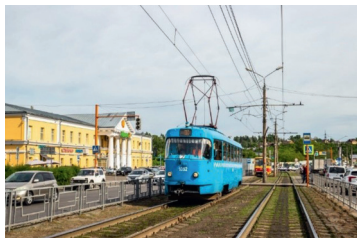


Рис. 4.15. Обеспеченность жилых районов г. Москвы магазинами и аптеками в шаговой доступности в сопоставлении с плотностью жителей (к стр. 290)



Московский трамвай KTM-619 на легендарном маршруте №13 в Новосибирске



Старый московский трамвай Tatra T3SU (МТТА) в Барнауле. Фото сайта stts.mosfont.ru



Московский трамвай «Вытязь-М» от компании ПК Транспортные системы



Современный сочлененный трамвай Усть-Катавского завод Ростеха



Усть-Катавский вагон-соло. Трамвай KTM-623 – самая распространенная модель сегодня



Трамваи соло. Полностью низкопольный KTM-628 в Челябинске



Вагон «Львенок» в Екатеринбурге. Компания «ПК Транспортные системы», уменьшив Вытязь-М до вагона соло «Львенок», тем самым расширила географию сбыта

Рис. 5.7. Примеры современного подвижного состава городского электрического транспорта общего пользования, используемого в городах Российской Федерации (к стр. 338)



Донченко Вадим Валерианович

Научный руководитель
ОАО «Научно-исследовательский
институт автомобильного
транспорта», к.т.н.



Агентство РАДАР
E-mail: road-auto@mail.ru



ISBN 978-5-6048401-2-2



9 785604 840122