## Методические рекомендации по оценке и прогнозированию характеристик транспортного спроса при проектировании организации дорожного движения и планировании развития транспортной инфраструктуры

**Используемые определения и сокращения**

Основные определения, используемые в настоящей методике:

**Транспортный спрос** – это базовое понятие прогнозного транспортного моделирования. Транспортный спрос возникает, как результат потребности людей совершать передвижения (поездки транспортом или пешие передвижения) с целью совершения каких-либо действий либо удовлетворения потребностей (удовлетворения активности). Под моделированием транспортного спроса понимается моделирование всех передвижений, совершаемых в разное время суток с разными целями, разными способами (видами транспорта).

Транспортная подвижность – характеристика транспортного поведения населения, представляющая собой среднее количество поездок в транспорте, приходящееся на одного жителя за определенный промежуток времени. Различают сетевую транспортную подвижность, учитывающую число полных поездок от начального пункта до пункта назначения независимо от количества пересадок и видов транспорта, и маршрутную транспортную подвижность, где за целую поездку принимается поездка в транспортном средстве одного маршрута, а поездка с одной пересадкой учитывается как две поездки.

Транспортный район – объект модели транспортного спроса, соответствующий относительно обособленной и однородной (с транспортной точки зрения) территории, на которой располагаются жилые, рабочие, учебные, торговые и иные типы строений.

УДС - улично-дорожная сеть

ПТОП - пассажирский транспорт общего пользования

ПКРТИ - программа комплексного развития транспортной инфраструктуры

КСОДД - комплексная схема организации дорожного движения

ПОДД - проект организации дорожного движения

**1. Сбор исходных данных для прогнозирования транспортного спроса**

**1.1. Определение необходимого перечня исходных данных для прогнозирования характеристик транспортного спроса**

На показатели транспортного спроса влияет множество факторов: социально-экономическое развитие, наличие и состояние транспортной инфраструктуры, расположение центров притяжения и источников движения.

Для формирования прогнозной модели спроса учитываются как существующий спрос, так и перспективные (прогнозные) факторы, влияющие на поведение пользователей транспортной сети.

На выбор перечня необходимых исходных данных для прогнозирования транспортного спроса влияет уровень поставленной задачи. В большинстве случаев используются микро- и макроуровни транспортного моделирования. Макроуровень позволяет оценивать транспортный спрос в рамках города или отдельных его территорий и выявлять транспортные корреспонденции между транспортными районами. Микроуровень направлен на оценку спроса на отдельных локальных участках улично-дорожной сети. Рекомендации по использованию уровня транспортного моделирования представлены в разделе 2 настоящих методических рекомендаций.

*В общем случае для построения модели существующего транспортного спроса необходим сбор следующих данных:*

Макроуровень

характеристики источников и точек притяжения;

характеристики движения на отдельных элементах (участках) транспортной инфраструктуры;

данные об организации дорожного движения на линейных участках улично-дорожной сети, а также пересечениях;

поведение и предпочтение пользователей транспортной системы;

данные сотовых операторов о динамике и плотности населения, описание перемещений в течение времени суток (необязательные данные);

транспортная сеть и инфраструктура, т.е. набор объектов, отображающих существующую транспортную инфраструктуру (автомобильные дороги, железнодорожные пути, остановки и маршруты общественного транспорта);

социально-демографические характеристики рассматриваемой территории;

Микроуровень

интенсивности движения на рассматриваемом участке улично-дорожной сети по направлениям движения и типам транспортных средств;

интенсивность движения пешеходов (при необходимости учета);

геометрические параметры рассматриваемого участка улично-дорожной сети;

организация дорожного движения на участке.

*Для построения прогнозной модели транспортного спроса учитывают следующие факторы:*

Макроуровень

- градостроительное развитие территории города (строительство жилья, капитальных объектов различного назначения);

- социально-экономическое развитие территории города (прирост населения во всей территории и её частях, изменение транспортной подвижности, изменения в составе населения);

- транспортное развитие территории города (планируемое размещение новых объектов транспортной инфраструктуры, развитие системы общественного транспорта);

- транспортное поведение населения.

Микроуровень

- градостроительное развитие на прилегающих участках;

- транспортное развитие на рассматриваемых участках УДС;

- локальное изменение организации дорожного движения.

Ниже более подробно раскрываются основные факторы, учитываемые при создании модели транспортного спроса.

*Наличие и характеристики источников и точек притяжения*

Данные по транспортным районам, необходимые для транспортного моделирования — это данные о количестве и о технико-эксплуатационных характеристиках объектов притяжения и жилья, расположенных на территории транспортного района. В соответствии с минимальным перечнем возможных целей передвижения необходимо обеспечить сбор следующих данных для каждого района:

- число постоянного проживающего населения;

- число мест приложения труда в разбивке по видам деятельности;

- число учащихся в высших и средних профессиональных учебных заведениях;

- число учащихся в начальной и средней школе;

- места расположения крупных торгово-развлекательных объектов их площади и объемы парковочного пространства;

- число проживающих туристов (при наличии) в различные периоды года;

- число прибытий и отправлений пассажиров дальнего следования на вокзалах и в аэропортах (при наличии в рассматриваемом районе).

*Характеристики движения на отдельных элементах (участках) транспортной инфраструктуры*

Оценка характеристик движения на отдельных элементах (участках) транспортной инфраструктуры позволяет:

- сравнить показатели транспортной модели с реальным уровнем транспортного спроса на конкретном участке улично-дорожной сети для выявления точности математической транспортной модели и определения необходимости осуществления её калибровки;

- учесть транспортные потоки источники и/или цели которых находятся за рассматриваемой территорией (кордонные районы), но при этом оказывающие серьёзное влияние на транспортный спрос.

Зависимость интенсивности транспортных потоков от часов суток, дней недели и сезонов года должно строиться на основе данных технических средств измерения потоков на УДС, а также натурных обследований. Кривые зависимости транспортных потоков строятся на основе наблюдаемых транспортных потоков в сечениях в разбивке на типы транспортных средств.

*Данные об организации дорожного движения*

Характеристики организации дорожного движения в общем случае включают в себя:

- наличие запретов отдельных маневров;

- наличие выделенных полос (для отдельных видов транспорта);

- локальные ограничения скорости;

- наличие или запрет парковки вдоль проезжей части;

- наличие запретов движения отдельных типов транспортных средств.

*Характеристика пассажирских потоков ПТОП*

Необходимо учитывать сложившиеся маршруты общественного транспорта, а также показателей их работы (частота движения, провозная способность и т.д.). Зависимость интенсивности пассажирских потоков от часов суток, дней недели и сезонов года должно строиться на основе данных технических средств измерения потоков на маршрутах общественного транспорта, а также на основе натурных обследований. Кривые зависимости для пассажирских перевозок строятся на основе данных об объёмах пассажирских перевозок на разных видах транспорта общего пользования.

*Транспортная сеть и инфраструктура*

При построении транспортной модели и оценке транспортного спроса учитываются существующие параметры транспортной сети.

Основной перечень данных для описания дорожно-транспортной инфраструктуры включает:

А) улично-дорожная сеть

Существующая и перспективная улично-дорожная сеть;

разрешённые направления для движения;

количество полос для движения в каждом направлении;

ограничения на движения отдельных категорий транспортных средств;

категория улицы или дороги;

признаки запрета парковки или способ парковки;

наличие полос маршрутного транспорта;

наличие полос реверсивного движения;

наличие платы за проезд и описание тарифов оплаты.

Транспортная сеть включает в себя улицы и дороги, линии внеуличного транспорта, такие как линии метро и железной дороги, а также систему маршрутов ПТОП.

Б) Внеуличный транспорт (городской и пригородный)

- трасса линии движения внеуличного транспорта;

- маршруты движения;

- места остановочных пунктов (станций и платформ);

- описание системы пересадок между линиями движения, а также с учетом пересадки на другие виды транспорта (среднее время пересадок);

- эксплуатационные характеристики подвижного состава (вместимость, скорость движения по свободной сети);

- время работы на маршруте и частота движения;

- стоимость проезда.

В) Наземный пассажирский транспорт (городской и пригородный)

- маршруты движения;

- расположение остановочных пунктов;

- интервал или расписание движения;

- тип и характеристики подвижного состава.

Поведение и предпочтение пользователей транспортной системы

Перечень данных по транспортному поведению населения, необходимых для прогнозирования передвижений, включает в себя:

1) подвижность (среднее количество передвижений на единицу населения) в разбивке по слоям спроса и времени суток;

2) перечень основных суточных цепочек передвижений в транспортной системе, подвижность в терминах среднего количества различных цепочек передвижений;

3) процентное распределение передвижений по расстоянию и продолжительности в разбивке по слоям спроса;

4) процентное распределение по способу передвижения в разбивке по слоям спроса;

5) коэффициент, выражающий среднюю «готовность платить» за сэкономленное время, то есть коэффициент перевода цены проезда в эквивалентные штрафные минуты при формировании критерия обобщённых затрат на передвижение.

Указанный перечень данных получают по результатам проведения социологических исследований.

Данные статистической обработки результатов исследования, включают:

- перечень и количество совершаемых типовых цепочек передвижений;

- гистограмма распределения передвижений по времени суток (общая и отдельно по слоям спроса и порядковому номеру передвижения в цепочке);

- гистограмма распределения передвижений по дальности и продолжительности (общая и отдельно по слоям спроса и порядковому номеру передвижения в цепочке);

- коэффициенты использования различных способов передвижения (общие и отдельно по типам цепочек).

При необходимости могут проводиться специальные социологические исследования, выявляющие дополнительные аспекты транспортного поведения, например:

1) «стоимость времени», которая в контексте транспортного моделирования означает готовность платить за уменьшение времени передвижения;

2) доля поездок с использованием нестандартных способов передвижения, таких как перехватывающие парковки, каршеринг и другие;

3) «основные» и «попутные» цели в цепочках передвижений.

Перспективное развитие транспортной инфраструктуры на прогнозный период

Инфраструктурные параметры на перспективу включают в себя данные по предполагаемым изменениям в структуре УДС, схеме ОДД, конфигурации развязок, систем управления и т.д.

**1.2. Методы сбора исходных данных, необходимых для прогнозирования транспортного спроса**

Основными методами сбора исходных данных для прогнозирования транспортного спроса являются:

выявление существующей УДС, обследование геометрических параметров и установленной ОДД;

натурные обследования интенсивности и состава транспортных потоков на участках улично-дорожной сети и узлах;

обследование пассажирских потоков на маршрутах;

социологические обследование (опросы) населения;

обработка статистических данных, отражающих источники и цели поездок населения;

анализ утвержденных документов в области ОДД;

анализ стратегических документов территориального планирования

*Социологическое исследование*

Основной источник данных по транспортному поведению – социологическое исследование в форме опроса. Дополнительными источниками данных по отдельным разделам информации может служить анализ данных, предоставляемых сотовыми операторами, а также технические средства измерения транспортных и пассажирских потоков в УДС и на маршрутах общественного транспорта.

Целью выполнения социологических исследований при обследовании транспортного поведения является формирование массива исходных данных для создания транспортной модели. В них входит:

среднее число отправлений (прибытий) с различными целями в течение определенного периода (сутки);

распределение времени и длины поездок с различными целями и по видам транспорта;

распределение поездок с различными целями между видами транспорта.

При проведении социологического исследования респондентом является домохозяйство, представитель которого получает единую анкету. Анкета должна состоять из нескольких блоков. В первый блок вносится информация о характеристиках опрашиваемого домохозяйства. Во второй блок вносятся данные о членах домохозяйства. В третий блок вносится информация о поездках.

Если ранее были проведены подобные исследования в рассматриваемой области, необходимо использовать согласованные анкеты и вопросы для последующего сравнения результатов.

В анкету рекомендуется включать следующие данные по каждому члену домохозяйства:

пол респондента;

возрастная группа;

число детей и взрослых в домохозяйстве;

род занятий:

работающий;

работающий и учащийся;

работающий пенсионер;

не работающий;

ребенок дошкольного возраста;

домохозяйка/домохозяин;

пенсионер;

учащийся: школьник, студент;

среднее образование:

нет;

неполное;

полное;

профессиональное образование:

нет;

среднее профессиональное;

высшее или специальное высшее;

наличие удостоверения на право управления автомобилем;

доступность индивидуального транспортного средства:

постоянная;

временная;

нет;

наличие абонемента или льготного билета на общественный транспорт.

Получение такой информации позволяет отнести каждого респондента к одной из так называемых групп однородного поведения. Считается, что поведение представителей различных групп отличается по ряду параметров, существенных с точки зрения анализа транспортной ситуации. К ним относятся следующие характеристики транспортного поведения:

1. типичная для буднего и выходного дня цепочка поездок;

2. распределение предпочтений выбора транспортного средства;

3. распределение дальности поездок;

4. распределение выбора маршрута.

В анкету вносятся также следующие данные о поездках, совершаемых респондентом за прошедший день или последний день, когда совершались поездки:

5. день недели;

6. являлось ли начальным пунктом цепочки поездок дом или работ (если нет – указать начальный пункт);

7. время начала поездки;

8. цель поездки:

на работу;

служебная поездка по рабочим делам;

в школу;

в ВУЗ;

домой;

за покупками или услугами;

в поликлинику, лечебное учреждение;

отвести или встретить детей из детского сада;

отвести или встретить детей из школы;

провести досуг (в т.ч. кино, театр, концерт, бар, ресторан, клуб);

фитнес-клуб, бассейн, спортивный зал, салон красоты;

в гости к друзьям или знакомым;

на дачу, за город;

по личным делам (оплата услуг, посещение банков, автосервиса);

другое – записать в бланке;

9. способ передвижения (указать все использованные):

пешком

метро

автобус: (междугородный, международный, заказной)

коммерческие автобусы, маршрутки

троллейбус

трамвай

автомобиль: за рулём как водитель (в т.ч. служебный)

автомобиль: в качестве пассажира (в т.ч. служебный)

электричка

такси

велосипед

мотоцикл, мопед;

10. способ передвижения, которым была преодолена самая длинная часть пути;

адрес пункта назначения;

время, проведенное в каждом виде транспорта;

время прибытия в пункт назначения;

длина проделанного пути (км).

Указанная информация требуется для детализации поездок в разрезе так называемых групп источник-цель, которые позволяют классифицировать поездки в зависимости от того, какие виды деятельности были причиной их совершения. В результате обработки полученных данных формируется классификация поездок по слоям спроса. Слоем спроса называется класс перемещений, имеющих общую причину и совершаемых участниками движения, которые характеризуются однородностью транспортного поведения. При моделировании транспортного спроса каждый слой спроса формально описывается посредством пары, состоящей из одной группы источник-цель и одной группы однородного поведения.

В анкету также могут вноситься дополнительные вопросы для определения специфических параметров и коэффициентов транспортной модели:

Оценки стоимости времени;

Коэффициентов для оценки уровня комфорта при выборе способа передвижения;

Чувствительности к стоимости передвижения.

На основе проведенных опросов могут быть определены общие сетевые показатели.

Одним из таких показателей является коэффициент подвижности.

*,.*

Коэффициенты создания и притяжения перемещений являются количественными характеристиками транспортного поведения людей в области исследования (подвижности или мобильности населения) и могут быть рассчитаны на основе информации из социологических опросов населения о совершаемых ими в течение суток перемещениях следующим образом.

где – коэффициент создания (притяжения);

– число отправлений (прибытий), для референтной группы ;

– число представителей референтной группы .

Референтная группа – социально-экономическая группа людей, которая создает или притягивает перемещения с различными целями. Примером таких групп могут служить – население, трудоспособное население, экономически активное население по месту работы (рабочие места), учащиеся по месту жительства, учащиеся по месту работы (учебные места) и т.д.

*Основные задачи социологического исследования:*

Изучить цели (например, «Дом – Работа») совершения перемещений для разных групп населения;

Оценить среднее количество поездок в день в зависимости от целей для разных групп населения;

Изучить распределение длительности и дальности совершаемых перемещений в зависимости от целей для разных групп населения;

Изучить распределение по видам используемого транспорта для перемещений в зависимости от целей для разных групп населения;

Выявить изменения указанных выше параметров в зависимости от времени их совершения.

Транспортный спрос возникает в результате потребности жителей совершать передвижения с различными целями. При расчете транспортного спроса в городе необходимо учитывать следующий минимальный перечень целей передвижения:

|  |
| --- |
| Работа-Дом |
| Дом-Работа |
| ВУЗ-Дом |
| Дом-ВУЗ |
| Прочее-Дом |
| Работа-Работа |
| Дом-Дача |
| Дача-Дом |
| Прочее-Работа |
| Учеба-Дом |
| Дом-Прочее |
| Дом-Учеба |
| Работа-Прочее |
| Прочее-Прочее |

Объекты посещения, соответствующие передвижениям с различными целями, называются целевыми объектами. Один и тот же объект может посещаться с разными целями – например, как место работы для сотрудников и как место обслуживания для клиентов.

Для транспортной системы города важными являются различия в структуре передвижений:

в рабочие и выходные дни,

в летний (дачный) период и в остальные сезоны.

Данные обследований автотранспортных потоков представляют собой замеры интенсивности движения в отдельных сечениях улично-дорожной сети.

Интенсивность движения транспорта определяется количеством ТС, проходящих через сечение участка УДС в единицу времени в одном или двух направлениях, в зависимости от конфигурации участка.

За единицу выражения интенсивности принимаются натуральные и приведённые единицы. Натуральными единицами являются различные виды транспорта в соответствии с классификацией СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». За приведённую единицу измерения принимается легковой автомобиль, остальные ТС приводятся к легковому автомобилю с помощью коэффициентов приведения по формуле:

,

где Nпр – интенсивность движения транспорта в приведённых единицах;

ki – коэффициент приведения i-го вида транспорта к легковому автомобилю, принимаемый в соответствии с рекомендациями СП 34.13330.2012;

Ni нат – интенсивность движения i-го вида транспорта в натуральных единицах;

Натурные обследования интенсивности и структуры транспортных потоков при отсутствии технических средств проводятся визуальным методом.

Также источником данных о фактических временах передвижения по улично-дорожной сети при разной загрузке (в разное время суток) могут служит натурные исследования и данные геопозиционных систем.

Геометрические параметры могут быть получены из имеющейся проектной документации (например, чертежей в AutoCAD), спутниковой или аэрофотосъемки, а также путем непосредственных замеров.

Геометрические параметры включают в себя:

- число полос (с учетом фактического использования);

- ширина полос;

- длина перегонов.

Граф УДС и основные данные по ОДД могут быть импортированы в модель из имеющихся ГИС-приложений или введены вручную с помощью графического редактора с использованием качественной растровой подложки.

При построении модели УДС производится категорирование улиц и дорог по значению пропускной способности. Разбивку по категориям следует проводить с учетом СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» или местных Региональных норм градостроительного проектирования.

Признаками деления на категории являются: функциональный класс улицы, число полос, разрешенная скорость движения, тип регулирования, наличие помех движению и т.д. Оценка пропускной способности участков осуществляется по ОДМ 218.2.020-2012. «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог».

Параметры организации дорожного движения могут быть получены в соответствии с натурными обследованиями участков дорожной сети, а также на основе данных о реализации проектов организации дорожного движения (также ПОДД).

Параметры застройки территорий оцениваются в соответствии с утвержденной градостроительной документацией, в том числе решения градостроительно-земельных комиссий и ответственных органов власти.

- Площади объектов по типам назначения (жилые, офисные, учебные и т.п.);

- Количество пользователей;

- Количество м/мест;

- характеристики ликвидируемых объектов (площадь, количество посетителей и т.д.);

- Дата ввода в эксплуатацию.

Также дополнительную информацию о передвижениях населения могут быть получены из:

- треков геопозиционных систем;

- геоданных операторов мобильной связи.

*Данные операторов мобильной связи*

Операторы мобильной связи предоставляют большую выборку исследования, однако обеспечивают меньшую полноту информации по всем аспектам передвижений по сравнению с опросами.

Ниже представлена укрупненная методика анализа данных операторов мобильной связи.

*Подготовка таблицы временных интервалов для определения места жительства, работы и дачи абонента.*

Корректно обрабатываются следующие типы событий:

Звонок;

Смс;

Пересечение границы LAC (Location Area Code - код локальной зоны);

Включение терминала;

Выключение терминала;

Любое другое событие следует обрабатывать, как событие типа «Звонок».

Для каждого события известно:

идентификатор абонента;

дата и время обработки события (с точностью до секунды);

тип события;

сота, в которой было обработано событие.

Этап 1. Все события одного абонента за рассматриваемый период времени (как правило, это один или несколько месяцев) сортируются по времени обработки события.

Этап 2а. Формирование таблицы временных интервалов.

Основываясь на таблице, полученной на первом этапе, формируется новая таблица, которая будет содержать интервалы времени пребывания абонента в каждой соте.

Этап 2б. Исключение непродолжительных периодов времени, во время которых местоположение абонента было не определено.

Этап 3. Поиск непродолжительных циклов.

На данном этапе происходит уточнение полученной таблицы временных интервалов путем объединения временных интервалов, составляющих непродолжительный цикл.

Этап 4. Поиск последовательных интервалов времени, в которые абонент пребывал в соседних сотах.

На данном этапе таблица интервалов времени уточняется при помощи справочника соседних базовых станций.

Этап 5. Добавление в таблицу интервалов времени поля, показывающего, находился ли абонент в движении.

Для каждого временного интервала определяется, был ли абонент неподвижен или находился в движении.

Этап 6. Определение временных интервалов нахождения абонента дома, на работе и на даче.

*Составление отчета «Изменение численности населения»*

Для формирования отчета используется разбиение территории агломерации на административные районы и на квадраты.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для построения отчета состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение домашней, рабочей и дневной соты для каждого абонента;

- Определение абонентов, имеющих разъездную работу;

- Перевод данных из соты в разбиение;

- Формирование основных отчетов, на основе полученных на предыдущих этапах данных;

- Формирование отчета, содержащего распределение абонентов по времени нахождения в домашней/рабочей соте;

- Формирование отчета, содержащего оценку точности позиционирования абонентов относительно сетки.

*Составление отчета «Изменение плотности населения»*

Для формирования отчета используется разбиение территории агломерации на административные районы и сетку.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для построения отчета состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение места проживания абонента;

- Определение зоны нахождения абонента для каждого временного интервала;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Динамика перемещения населения»*

Для формирования отчета используется разбиения территории агломерации на административные районы.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для построения матрицы корреспонденций между районами состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение зоны нахождения абонента для каждого временного интервала;

- Определение места въезда абонента на территорию агломерации;

- Определяется факта совершения абонентом поездок по территории города и области;

- Определение величин, которые характеризуют каждую поездку;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Численность проживающего и работающего населения»*

Для формирования отчета используется разбиение территории агломерации на административные районы.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Отчет формируется раз в месяц. Данные о месте проживания и работы абонентов берутся из отчета «Изменение численности населения». В случае, если зона проживания (работы) абонента не определена, то будем считать зоной проживания (работы) абонента дополнительную зону -1.

*Составление отчета «Загрузка метрополитена» (при наличии)*

В качестве зон в данном отчете используются станции метрополитена.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм определения матрицы корреспонденций метрополитена состоит из следующих этапов:

- Определение факта поездки абонента в метро;

- Для каждой поездки уточняется станция входа и выхода абонента из метро;

- Формирование отчета.

*Составление отчета «Матрица изменения места проживания»*

Для формирования отчета используется разбиение территории агломерации на административные районы.

Для получения данных для отчетов за каждый календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Данные о месте проживания абонентов за каждый календарный месяц берутся из отчета «Изменение численности населения».

*Составление отчета «Динамика перемещения дачников»*

Для формирования отчета используется разбиение территории агломерации на административные районы.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за каждый месяц - не менее 10 минут.

Рассматриваются только абоненты, которые являются жителями города. Для этого должны быть выполнены два условия:

Согласно отчету «Изменение численности населения» известна зона проживания этого абонента в ближайшем к отчетному месяцу прошедшем феврале.

Алгоритм обработки данных для построения отчета «Динамика дачников» состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение соты, в которой располагается дача абонента;

- Определение временных интервалов нахождения абонента на даче;

- Разбиение абонентов на группы;

- Определение зоны нахождения абонента для каждого временного интервала;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Трудовая маятниковая миграция»*

Для формирования отчета используются разбиения территории агломерации на административные районы.

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для построения отчета «Трудовая маятниковая миграция» состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение местоположения абонента и деление LAC на 2 группы;

- Определение работающих на ежедневной и еженедельной основе абонентов;

- Определение мест работы и проживания для абонентов из предыдущего этапа;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Продолжительность поездок»*

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для построения отчета «Времена поездок абонентов» состоит из следующих этапов:

- Формирование таблицы временных интервалов для каждого абонента;

- Определение зоны нахождения абонента для каждого временного интервала;

- Определение места въезда абонента на территорию агломерации;

- Определяется факта совершения абонентом поездок по территории города и области;

- Определение величин, которые характеризуют каждую поездку;

- Определение величин, которые характеризуют каждую транзитную поездку;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Транзитные потоки»*

Для обработки исходных данных в рамках отчета используются несколько зон из разбиения территории агломерации на административные зоны.

В итоговую выборку попадают лишь те устройства, которые, согласно специальным справочникам, имеют тип “телефон/смартфон”.

Период, для которого определяются величины: с 1 по последний день отчетного месяца.

Алгоритм обработки данных для построения отчета «Транзитные потоки» состоит из следующих этапов:

- Определение местоположения абонента и деление LAC на 2 группы;

- Определение транзитных поездок;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

*Составление отчета «Зоны притяжения – станции метро»*

Рассматриваемый временной период для формирования отчета: с 1 по последнее число месяца. Для получения данных за отчетный календарный месяц используются лишь те устройства, суммарный голосовой трафик которых (входящий + исходящий) за рассматриваемый месяц - не менее 10 минут.

Алгоритм обработки данных для определения динамики абонентов в зоне притяжения состоит из следующих этапов:

- Определение места проживания и работы каждого абонента;

- Определение факта совершения абонентом поездки на метро;

- Формирование отчетов на основе полученных на предыдущих этапах данных.

**1.3. Формирование дополнительных требований к проводимым исследованиям**

*Натурные обследования интенсивности и структуры транспортных потоков* при отсутствии технических средств, проводятся визуальным методом.

Замеры имеют ограниченные временные интервалы для их проведения. Необходимо учитывать следующие ограничения:

замер должен проводиться в будние дни, но не перед и не после выходных и праздничных дней, школьных каникул;

замер в выходные дни проводится при условии формирования отдельного требования к построению модели;

дни проведения замеров на разных участках должны быть минимально разнесены по времени.

При этом, перед окончанием замеров к фактически зафиксированной интенсивности, прошедшей через сечение, также должны быть прибавлены транспортные средства, находящиеся в хвосте перед сечением (в случае его наличия). При выполнении замеров на регулируемых перекрестках также должны быть зафиксированы светофорные циклы регулирования.

Объем обследования определяется с учетом размера территории, конфигурации и размера транспортной сети рассматриваемой территории.

При выборе расположения пунктов учета для проведения обследования следует придерживаться следующих рекомендаций:

- пункты учета необходимо размещать на основных магистралях/дорогах и основных перекрестках, вблизи границ транспортных районов, так чтобы измерять объем перемещений между ними;

- интенсивность потоков замеряется как в сечении, так и во всех поворотных направлениях на перекрестках;

- количество пунктов учета внутри зоны моделирования должно быть примерно равно количеству транспортных районов;

- пункты учета должны покрывать все основные въезды-выезды области моделирования (кордоны).

Конкретный набор пунктов учета должен быть уточнен на этапе выбора границ модели и при разработке схемы транспортного районирования.

В случае нехватки ресурсов допускается проводить замеры в различные дни и согласовывать полученные результаты по данным контрольных автоматических замеров суточной динамики транспортных потоков.

Необходимо убедиться в том, что условия движения в дни проведения обследований одинаковые и отсутствует влияние таких факторов как:

- погодные условия;

- ремонтные работы;

- ДТП;

- массовые мероприятия.

Периоды устойчивых значений интенсивностей транспортных потоков, характерные для местных условий, можно определить на основе статистики данных автоматического учета.

Характерные для зарубежной практики требования к точности входных данных по интенсивности движения транспортных потоков составляют ± 5 % для данных автоматического учета и ± 10 % для данных, полученных визуальным наблюдением с уровнем доверия 95 %.

*Социологические исследования при обследовании транспортного поведения* имеют чётко ограниченные временные интервалы для их проведения.

Оптимальным является проведение выборочного исследования.

опрос должен проводиться в будние дни, но не перед или после праздничных дней, каникул;

опрос в выходные дни проводится при условии формирования отдельной выборки;

дни проведения опроса должны быть минимально разнесены по времени.

При проведении выборочного исследования опрашивается лишь небольшая часть населения, транспортное поведение которой позволяет получить представление о транспортном поведении населения исследуемой области – выборка или выборочная совокупность.

Выборочная совокупность или выборка представляет собой множество людей, отобранных специальным образом для социологического обследования. Человек, отобранный в выборку, рассматривается как источник информации и именуется респондентом. Выборка, в которой основные характеристики отобранных для опроса респондентов совпадают с такими же характеристиками генеральной совокупности, называется репрезентативной выборкой.

Следовательно, необходимым условием для построения репрезентативной выборки является наличие информации о генеральной совокупности, то есть либо полный список людей генеральной совокупности, либо информации о структуре по характеристикам, существенно влияющим на отношение к предмету исследования.

Выборка должна быть репрезентативной по основным общедоступным и достоверным социально-демографическим признакам (пол, возраст, занятость, уровень благосостояния, наличие автомобиля, наличие удостоверения на право управления автомобилем), характеризующим целевую аудиторию. Любые данные, полученные на основании выборочного обследования (опроса) имеют вероятностный характер. Вероятность, с которой можно утверждать, что ошибка выборки не превысит некоторую заданную величину, называют доверительной вероятностью. В исследованиях транспортной подвижности значения доверительной вероятности принимают равным 95%. Пределы, в которых с доверительной вероятностью может находиться значение характеристики генеральной совокупности, называют доверительным интервалом.

Определение размера выборки зависит от трех основных факторов: изменчивость параметров в исследуемом населении, желаемая точность и численность населения.

При проведении опросов необходимо строго соблюдать требования к содержанию опросных анкет с целью:

- совместимости данных разных опросов;

- прямого соответствия между количественными показателями, даваемыми опросом, и показателями, необходимыми для моделирования;

- изучения динамики отдельных показателей.

*Обследования пассажиропотоков* (количество входящих/выходящих пассажиров на каждом остановочном пункте) на маршрутах должно проводиться для такого количества рейсов, после обследования которого погрешность измерений составляла бы не более 10%;

*Обследования реального выпуска транспортных средств* всех маршрутов (подсчёт количества уникальных ТС на каждом маршруте на конечных остановочных пунктах) должно проводиться для такого количества рейсов, после обследования которого погрешность измерений составляла бы не более 10%.

При осуществлении транспортного планирования проводится оценка характеристик перспективного транспортного спроса и функционирования транспортной инфраструктуры. Задачи транспортного планирования могут носить постоянный или временный характер, что влияет на требования к актуализации данных транспортного спроса.

В условиях крупных и активно развивающихся городов происходит постоянное изменение социально-экономических показателей. Данный фактор приводит к необходимости проведения регулярных исследований для поддержания модели транспортного спроса в актуальном состоянии. Для городов с населением свыше 4 млн. чел. рекомендуемая периодичность составляет 1 год, для городов с численностью населения свыше 1 млн., а также крупных областных центров рекомендуемый срок составляет 3 года, для прочих населенных пунктов – 5 лет.

Требования к периодичности проведения исследований с целью выявления характеристик транспортного спроса неразрывно связаны с задачами, которые требуют применения транспортной модели.

**2. Рекомендации по применении методов и уровней моделирования транспортного спроса при разработке транспортных программ и проектов**

**2.1. Уровни моделирования транспортного спроса**

Моделирования дорожного движения необходимо как для выявления эффективных стратегий управления транспортными потоками, так и для поиска оптимальных решений по развитию транспортной сети.

Целью моделирования является определение оптимальной конфигурации УДС, соответствующей застройке территорий, оптимизация организации дорожного движения на участках улично-дорожной сети, определение возможных этапов будущего развития городской инфраструктуры.

Основными уровнями моделирования транспортного спроса являются:

- макроуровень - на уровне города;

- микроуровень - на уровне пересечения или линейного участка дорог;

- мезоуровень.

Макроуровень служит для оценки общесетевых показателей работы транспортной системы, а также для выявления параметров работы отдельных участков дорог (среднее время и протяженность поездки, средняя загрузка по сети, уровни загрузки на участке, интенсивность движения и т.д.). При этом моделирование на макроуровне не позволяет анализировать характер движения на пересечениях, оценивать мероприятия по изменению циклов светофорных объектов, вводу координации движения и т.д.

В целях более детального анализа параметров движения на отдельных участках дорожной сети, включая пересечения, целесообразно использовать микроуровень транспортного моделирования.

На данном уровне моделирования становится возможным более детально оценивать характеристики движения, в том числе длину очереди на пересечении, параметры движения по полосам и т.д.

Мезоуровень позволяет проводить моделирование транспортного спроса и движение автомобилей с почти тем же уровнем детализации, как и микромоделирование.

При этом поведение водителя несколько упрощается и динамика движения автомобиля определяется макроскопическими вычислениями, что делает возможным моделировать большие зоны и перемещать большее количество автомобилей, чем при помощи микромоделирования.

В общем случае для всех уровней транспортного моделирования предъявляются высокие требования к точности исходных данных и самой транспортной модели. В случае наблюдения значительных отклонений от натурных наблюдений производится калибровка модели.

Макромодель должна позволять проводить анализ следующих показателей работы транспортной системы:

1) доля поездок на общественном и индивидуальном транспорте (по типам);

2) общее количество поездок по сети;

3) среднее время поездки на общественном (в том числе по типам) и индивидуальном транспорте;

4) средняя дальность поездки на общественном и индивидуальном транспорте;

5) интенсивность движения на участках дорожной сети;

6) уровни загрузки участков дорожной сети;

7) средняя скорость движения по участку.

Макромодель используется для оценки решений в рамках разработки стратегических документов территориального планирования (генеральный план, проект планировки территории), проектов комплексного развития транспортной инфраструктуры, комплексных схем организации дорожного движения.

Микроуровень транспортного моделирования применяется при разработке комплексной схемы организации дорожного движения, проекта организации дорожного движения.

Мезоуровень является промежуточным и может дополнительно использоваться при разработке документа любого уровня.

В общем случае анализ существующей ситуации и оценка транспортных мероприятий с использованием модели транспортного спроса на микроуровне осуществляется в четыре этапа.

1 этап. Сбор исходных данных.

Первым этапом проведения микромоделирования транспортных потоков является определение периодов анализа в зависимости от поставленных задач и последующий сбор исходных данных:

- проект организации дорожного движения или транспортная схема для существующего и проектируемого положений;

- существующая и перспективная (прогнозируемая) интенсивность транспортных потоков;

- режим работы светофорных объектов (при наличии);

- маршруты движения наземного городского пассажирского транспорта и частота их движения (планируемая и фактическая);

- данные о текущих условиях, влияющих на движение транспорта (например, ремонтные работы; переключения работы светофорных объектов в ручном режиме, перекрытия движения, места образования заторовых ситуаций, средняя длина транспортных очередей на подходах к перекресткам или сужениям проезжей части);

- данные о манере движения транспорта (средняя скорость движения транспорта на каждом направлении, места систематических нарушений правил дорожного движения).

2 этап. Оценка адекватности и калибровка модели.

Вторым этапом проведения моделирования транспортного спроса на микро-уровне является оценка адекватности и калибровка модели.

После проведения моделирования существующего положения необходимо провести оценку адекватности модели посредством проведения визуальной оценки. Далее необходимо провести калибровку модели по выходным данным:

- интенсивности движения;

- длине транспортных очередей;

- скорости движения.

Чем меньше отклонение полученных результатов от фактических замеров, тем более точный результат и тем более обоснованное решение возможно принять на основе полученных данных. Рекомендуется принимать отклонение от фактических замеров по GEH статистике (критерий Хейверса) – это эмпирически полученная формула, представляет собой частный случай хи-квадрат теста и вычисляется по формуле (1).

,

где V – смоделированные значения;

C – замеренные значения.

Значение GEH статистики менее чем 5 для 85 % случаев считается приемлемым в практике моделирования.

3 этап. Расчет выходных данных.

Выбираемые параметры выходных данных определяются исходя из предлагаемых мероприятий. При моделировании типовых предложений по изменению организации дорожного движения на улично-дорожной сети (изменение режима работы светофорных объектов, изменение геометрических параметров проезжей части, перекрытие полос движения, обустройство пешеходных переходов) рекомендуется использовать следующие выходные данные:

- картограммы скорости (плотности) транспортных потоков;

- среднее время задержки в узле и на каждом подходе к перекрестку (узкому месту);

- средняя скорость движения в рассматриваемой зоне и на отдельных участках;

- среднее время движения по направлениям;

- средняя и максимальная длина очереди.

4 этап. Принятие решения.

4-м этапом проведения моделирования является принятие решения на основе полученных данных. При принятии решения рекомендуется руководствоваться целями, поставленными перед разрабатываемым мероприятием или программой, а также основываясь на показателях эффективности рассматриваемых решений.

**2.2. Определение уровней моделирования транспортного спроса при разработке ПОДД, ПКРТИ, КСОДД**

При разработке ПКРТИ, КСОДД и ПОДД обязательными для моделирования транспортного спроса являются макро и микроуровни. Дополнительно может применяться мезоуровень транспортного моделирования.

*Разработка ПКРТИ*

Программы устанавливают перечень мероприятий (инвестиционных проектов) по проектированию, строительству, реконструкции объектов транспортной инфраструктуры.

В связи с этим при разработке ПКРТИ рекомендуется проводить оценку транспортного спроса с использованием макро-моделирования.

Среди перечня работ, для которых рекомендуется проведение моделирования транспортного спроса можно выделить следующие:

- Описание характеристики существующего состояния транспортной инфраструктуры;

- Прогноз транспортного спроса, изменения объемов и характера передвижения населения и перевозок грузов на территории поселения, городского округа;

- Формирование принципиальных варианты развития транспортной инфраструктуры и их укрупненную оценку по целевым показателям (индикаторам) развития транспортной инфраструктуры с последующим выбором предлагаемого к реализации варианта;

- Оценка эффективности мероприятий (инвестиционных проектов) по проектированию, строительству, реконструкции объектов транспортной инфраструктуры предлагаемого к реализации варианта развития транспортной инфраструктуры.

Рассмотрим основные разделы, для которых целесообразно проводить моделирование транспортного спроса.

А) Описание характеристики существующего состояния транспортной инфраструктуры.

Анализ существующего состояния транспортной инфраструктуры включает в себя как общее описание функционирования транспортной системы рассматриваемой территории, так и оценку показателей, которые непосредственно характеризуют параметры дорожного движения.

Среди параметров дорожного движения, оценку которых рекомендуется проводить с использованием макромоделирования стоит отметить:

- интенсивность потоков движения транспортных средств;

- коэффициент загрузки дорог движением;

- экологическая нагрузка на окружающую среду от автомобильного транспорта и экономические потери.

Б) Прогноз транспортного спроса, изменения объемов и характера передвижения населения и перевозок грузов на территории поселения, городского округа

Прогнозирование транспортного спроса является достаточно сложной задачей, требующей учета множества факторов будущего поведения пользователей транспортной системы.

Среди основных показателей, которые учитываются при оценке перспективного транспортного спроса можно выделить:

- динамика численности населения по группам (возраст, образование, пол и т.д.);

- основные характеристики расселения по районам с учетом будущей застройки территорий;

- расположение мест притяжения, включая образование, социальная инфраструктура, рабочие места, досуг и развлечение;

- уже запланированные и утвержденные мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры и транспортному обслуживанию населения, включая строительство дорог и пересадочных узлов, линий рельсового транспорта, в том числе внеуличного, ввод новых маршрутов общественного транспорта.

Немаловажным является размер рассматриваемой территории, для которой разрабатывается ПКРТИ.

В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что единовременный учет всех приведенных факторов, которые оказывают непосредственное влияние на перспективный транспортный спрос, может быть осуществлено только с применением транспортного моделирования.

Использование модели транспортного спроса позволит не только прогнозировать изменение основных характеристик дорожного движения, но и осуществлять сравнение с существующим состоянием, что наглядно отразит основные изменения в работе транспортной системы.

В) Укрупненная оценка вариантов развития транспортной инфраструктуры производится по целевым показателям (индикаторам) с последующим выбором предлагаемого к реализации варианта.

Стоит отметить, что целевые показатели (индикаторы) должны быть нацелены на комплексное развитие транспортной инфраструктуры и характеризовать различные аспекты её функционирования.

Целевые показатели (индикаторы) устанавливаются по каждому виду транспорта, дорожному хозяйству, целям и задачам программы, а также в целом по транспортной инфраструктуре.

Часть таких показателей (существующих и/или прогнозных) можно оценить только с применением макро-моделирования. Такими показателями могут быть:

- среднее время поездки на индивидуальном транспорте;

- среднее время поездки на общественном транспорте;

- доля поездок, совершаемых на транспорте общего пользования;

- средний уровень загрузки в часы-пик (утренний и вечерний) и т.д.

В) Оценка эффективности мероприятий (инвестиционных проектов) по проектированию, строительству, реконструкции объектов транспортной инфраструктуры производится в целях обоснования целесообразности их реализации, а также порядка и этапов их проведения.

При определении целесообразности и порядка реализации мероприятия как правило используются методы субъективной и объективной оценки.

К субъективному методу можно отнести метод экспертных оценок, который имеет свои недостатки. Среди очевидных недостатков можно выделить: субъективность оценок при выборе наиболее эффективного решения; проблематичность качественного ранжирования большого числа проектов; низкая прозрачность процедуры.

В связи с вышесказанным целесообразно применять методы количественной оценки транспортных проектов, который должен устранять недостатки метода экспертных оценок. Для количественной оценки анализируют изменение параметров работы транспортной системы с учетом предлагаемых мероприятий. Как было сказано ранее, такие изменения возможно оценить только с применением транспортного моделирования.

*Разработка КСОДД*

В соответствии с Приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 26 декабря 2018 года N 480 «Об утверждении Правил подготовки документации по организации дорожного движения» КСОДД должен включать обязательные разделы, в том числе:

- Характеристика дорожно-транспортной ситуации;

- Мероприятия по организации дорожного движения и очередность их реализации;

- Оценка эффективности мероприятий по организации дорожного движения.

По аналогии с требованиями к разработке к ПКРТИ, указанные разделы целесообразно формировать с учетом результатов моделирования транспортного спроса. При этом для целей моделирования целесообразно использовать макро, микро, а также при необходимости мезоуровень.

Рассмотрим основные разделы, для которых целесообразно проводить моделирование транспортного спроса.

А) Раздел «Характеристика дорожно-транспортной ситуации» включает в себя следующие пункты, для которых целесообразно использовать транспортную модель:

- оценка и анализ параметров, характеризующих дорожное движение, параметров эффективности организации дорожного движения;

 - оценка и анализ уровня негативного воздействия транспортных средств на окружающую среду, безопасность и здоровье населения.

В соответствии с указанными пунктами наиболее подходящим уровнем является макро-моделирование транспортного спроса.

Использование макромодели позволит дать общую характеристику параметров дорожного движения, включая уровни транспортной загрузки по сети, скоростные и временные характеристики движения.

Б) При формировании раздела «Мероприятия по организации дорожного движения и очередности их реализации» целесообразно использовать разные уровни транспортного моделирования транспортного спроса.

Следующий перечень мероприятий рекомендуется оценивать с учетом использования макромодели:

- Повышение связности дорожной сети за счет строительства новых линейных объектов;

- Повышение пропускной способности прямых участков дорожной сети за счет проведения реконструкции существующих дорог;

- Строительство транспортных развязок (для уточнения конфигурации и параметров движения также проводится моделирование на мезо и микроуровнях);

- Введение приоритета в движении маршрутных транспортных средств;

- Развитие парковочного пространства (введение платной парковки на УДС);

- Организация одностороннего движения транспортных средств на дорогах лил их участках;

- Организация движения маршрутных транспортных средств;

- Организация пропуска транзитных транспортных средств.

Представленные группы мероприятий оказывают существенное влияние на всю транспортную сеть, либо на отдельные протяженные её участки и должны оцениваться на основе макропоказателей.

Группы мероприятий по строительству новых участков дорожной сети, реконструкции существующих, а также строительству транспортных развязок оказывают непосредственное влияние на характеристику дорожного движения по сети.

Так мероприятие по повышению связности дорожной сети позволяет снижать среднюю дальность поездки по сети, а соответственно влиять и на среднее время поездки. При этом повышение связности всегда положительно влияет на снижение перепробегов, однако среднее время поездки может увеличиться. При создании новой связки происходит существенное изменение путей движения транспортных потоков, которые используют более короткие маршруты. В некоторых случаях при перераспределении транспортных потоков может возрастать спрос на отдельные участки дорожной сети. При этом рост спроса на уже загруженых улицах повлечет за собой дополнительную загрузку и снижение скоростных характеристик движения. В связи с этим оценка мероприятий по повышению связности дорожной сети проводится в основном по двум показателям:

- среднее время поездки;

- средняя дальность поездки.

Необходимым условием включения мероприятия в КСОДД является обеспечение улучшения условий движения, включая среднее время поездки.

При оценке мероприятий по реконструкции существующих прямых участков дорог производится сравнение временных показателей движения по рассматриваемому участку дороги до и после мероприятия с учетом существующего транспортного спроса.

Стоит отметить, что в случае расположения на рассматриваемом участке пересечений рекомендуется дополнительно проводить моделирование на мезо или микро-уровне.

Строительство транспортной развязки оказывает существенное влияние на движение транспортных потоков в районе существующего пересечения. При этом использование макроуровня основано на применении транспортных задержек в базовом сценарии при одноуровневом пересечении и их ликвидации при строительстве транспортной развязки. Для более полного анализа характеристик движения транспортного потока необходимо использовать мезо и/или микроуровни моделирования.

При введении одностороннего движения на улицах или их участках происходит значительное изменение в движении транспортных потоков.

Главное достоинство одностороннего движения заключается в сокращении числа конфликтных точек и, прежде всего в устранении конфликта встречных транспортных потоков. При этом происходит увеличение пробега автомобилей к зонам тяготения. Как и в случае с мероприятиями по повышению связности дорожной сети, при оценке целесообразности мероприятия необходимо оценивать показатели: средняя дальность поездки; среднее время поездки.

Оценивать данные мероприятия дополнительно можно с помощью моделирования транспортного спроса на мезо и микроуровне.

В транспортном планировании оперируют показателем modal split, который характеризует долю поездок, совершаемых на определенном виде транспорта. Развитие транспорта общего пользования оказывает положительное влияние на перераспределение транспортного спроса, в том числе перераспределение поездок от личного транспорта в пользу общественного.

При повышении привлекательности общественного транспорта и перераспределении п поездок наблюдается снижение загрузки дорожной сети, улучшение характеристик её функционирования.

Макро-моделирование позволяет спрогнозировать перераспределение транспортного спроса и оценить совокупное влияние на временные показатели поездок.

Стоит отметить, что создание приоритета движения общественного транспорта, в том числе при введении выделенной полосы общественного транспорта, как правило сопровождается снижением пропускной способности участка дороги для индивидуального транспорта. Однако при улучшении условий работы маршрутов совокупный эффект может быть положительный. Необходимо проводить комплексную оценку с учетом влияния на работу общественного и индивидуального транспорта.

Мероприятия по организации пропуска транзита грузовых транспортных средств призваны снизить транспортную нагрузку на транспортную сеть населенных пунктов и обеспечить обход за их пределами. Оценка производится с учетом данных о существующем транзите грузовых транспортных средств и перспективном снижении интенсивности на улично-дорожной сети в пределах рассматриваемой территории.

Мероприятия по развитию парковочного пространства, в частности организация платной парковки в отдельных зонах или участков дорожной сети снижают привлекательность индивидуального транспорта для поездок в рассматриваемые зоны тяготения.

Для оценки мероприятий по введению платной парковки на УДС целесообразно использовать моделирование транспортного спроса на макроуровне. При этом стоимостные величины использования платного паркинга необходимо переводить во временной эквивалент. Данное дополнительное время прибавляется к времени поездки в рассматриваемые зоны тяготения, где вводится платная парковка. Временной эквивалент может быть подсчитан на основе данных о средних доходах населения в единицу времени.

Следующий перечень мероприятий рекомендуется оценивать с учетом использования моделирования транспортного спроса на микроуровне:

- повышение пропускной способности дорог за счет мероприятий по организации дорожного движения, а также изменению конфигурации пересечений;

- оптимизация светофорного регулирования, управлению светофорными объектами, включая адаптивное управление;

- согласованию (координации) работы светофорных объектов (светофоров) в границах территорий, определенных в документации по организации дорожного движения;

- ввод светофорного регулирования на пересечениях;

- изменение скоростного режима движения на отдельных участках.

*Разработка ПОДД*

Разработка ПОДД решает преимущественно локальные задачи, и основным инструментом оценки на данном уровне выступает микромоделирование. В то же время, в случае необходимости прогнозирования транспортного спроса, возникающего в связи с изменением социально-демографических характеристик рассматриваемой зоны, макромоделирование может выступать источником данных о прогнозируемом транспортном спросе на отдельных линейных объектах.

3. Использование полученных перспективных характеристик транспортного спроса при решении задач по обеспечению эффективности ОДД, а также в градостроительной деятельности

Характеристики транспортного спроса в увязке с транспортным предложением позволяют проводить анализ перспективного состояния функционирования транспортной инфраструктуры, в том числе:

- средний уровень загрузки и средняя скорость движения на УДС и отдельных её участках;

- среднее время поездок;

- средняя длина поездок;

- общее число поездок.

Оценка уровня загрузки и скорости движения позволяет выявлять проблемные участки УДС с затрудненным движением, а также оценивать изменения, происходящие в результате реализации мероприятий. Данные показатели можно использовать для общесетевой оценки (при рассмотрении среднего значения для всей сети), а также для проведения анализа отдельных интересующих участков УДС.

Показатели «среднее время поездок», «средняя длина поездок» и «общее число поездок» используются для оценки работы всей сети, в том числе в результате реализации мероприятия. Оценка изменений данных показателей позволяет выявлять временные затраты пользователей транспортной сети на совершение поездок.

Уменьшение суммарного времени поездок с учетом их фиксированного количества в проектном и базовом сценариях позволяет делать вывод о положительном влиянии мероприятия на работу транспортной инфраструктуры.

При проведении микромоделирования транспортного спроса в каждом конкретном случае ключевые показатели выбираются, исходя из поставленных задач. Например, таковыми могут являться:

- улучшение уровня обслуживания (по ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог);

- улучшение среднего значения транспортных показателей рассматриваемого узла;

- улучшение значения транспортных показателей на ключевых направлениях (возможно, несмотря на ухудшение показателей на второстепенных направлениях);

- приоритизация движения отдельных типов транспорта.

Также стоит отметить, что при разработке документов наряду с оценкой характеристик движения транспорта также может проводиться оценка условий движения пешеходов.

В результате проведения микромоделирования комплекса мероприятий можно провести оценку их эффективности по следующим показателям:

- длина скопившейся очереди ТС на подъезде к пересечению по каждому рассматриваемому направлению движения (среднее и максимальное значение по направлениям)

- картограмма скоростей в утренний и вечерние часы пик;

- среднее и суммарное время прохождения участка;

- время пребывания НГПТ в границах рассматриваемого пересечения;

- время пребывания прочего транспорта в границах рассматриваемого пересечения;

- время пребывания пешеходов в границах рассматриваемого пересечения.

Стоит отметить, что в зависимости от поставленной задачи принятие решения об эффективности мероприятий может быть основано на базе определенных показателей.

Однако стоит отметить необходимость учета следующих требований, устанавливаемых федеральными нормативными актами:

- приоритет безопасности дорожного движения перед результатами экономической деятельности;

- приоритет общественного транспорта перед индивидуальным.

В совокупности принципы определения эффективности предлагаемого решения может быть представлен в следующем виде:

1) Предлагаемые решения оказывают положительное влияние или не оказывают отрицательного на безопасность дорожного движения;

2) Условия движения на общественном транспорте улучшаются;

3) Совокупные временные потери на движение по рассматриваемому участку снижаются

Отдельно стоит рассмотреть показатель суммарного изменения затрат времени пассажиров на поездки по участку УДС.

*Суммарное изменение затрат времени пассажиров на преодоление участка УДС в результате проведения мероприятий в течение 1 часа:*

ΔT = ΔTт + ΔTп,

где ΔT – суммарные изменения временных затрат пассажиров на преодоление участка УДС (в том числе пересечения);

ΔTт - суммарные изменения временных затрат пассажиров на транспорте;

ΔTп - суммарные изменения временных затрат пешеходов.

ΔTт + ΔTп = ∑Tт1ij-Tт0ij + ∑Tп1i-Tп0i,

где Tт0i и Tт1i – общие временные затраты пассажиров без учета мероприятий и с учетом на участке УДС в направлении движения i jого типа транспорта, часов.

Tп0i и Tп1i – общие временные затраты пешеходов без учета мероприятий и с учетом в направлении движения i, часов.

Формула определения временных затрат на транспорте может быть записана также в следующем виде:

ΔTт = ∑tij\* I0ij\*Njпасс

где Δti - разница временных затрат на преодоление участка УДС в направлении i одним транспортным средством jого типа с учетом и без учета мероприятий, часов;

I0 – средняя часовая интенсивность движения автомобильного транспорта jого типа на участке УДС в направлении i, автомобилей/час;

Nпасс – среднее число человек в 1 транспортном средстве jого типа, пассажиров.

Величина I0ij\*Njпасс отражает пассажиропоток на участке УДС категории i, пасс/час.

В общем случае мероприятия являются эффективными, если суммарные временные затраты в результате их реализации снижаются.

При этом необходимо учитывать, что ряд мероприятий оказывают воздействие на несколько участков дорожной сети и при ухудшении условий на одном участке, может наблюдаться совокупное улучшение. Примером таких мероприятий может быть введение адаптивного регулирования или координированное движение на светофорах.

В данном случае необходимо рассматривать эффект на всем протяжении ввода координированного или адаптивного управления движением.

Для сопоставления и ранжирования мероприятий по эффективности рекомендуется использовать относительные показатели, учитывающие эффекты и стоимости реализации.

Так в городе Москве для оценки эффективности мероприятий по развитию дорожно-транспортной инфраструктуры, включая организацию дорожного движения, используется методика оценки социально-экономической эффективности инвестиционных проектов в области развития транспортной инфраструктуры.

Общий эффект от развития дорожно-транспортной инфраструктуры представлен в виде следующих основных составляющих:

- Экономия времени в пути пользователями транспортной системы;

- Снижение себестоимости перевозок;

- Сокращение потребности в капитальных инвестициях;

- Сокращение потребности в оборотных средствах;

- Снижение экологической нагрузки;

- Снижение аварийности.

Для проведения оценки социально-экономической эффективности реализации мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры необходимо выполнить следующее:

– произвести прогнозное моделирование транспортных потоков на основе данных обследований, анализа сложившейся транспортной ситуации, с учетом вариантов социально-экономического развития региона и прогноза изменения уровня автомобилизации населения – для вариантов реализации и нереализации мероприятий;

– оценить влияние реализации мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры на основные прогнозные характеристики развития транспортного комплекса региона;

– определить ожидаемый социально-экономический эффект посредством оценки предстоящих интегральных результатов и затрат в текущих ценах; приведения их к сопоставимому виду с помощью дисконтирования; суммирования приведенных годовых эффектов и затрат за весь срок функционирования объектов (принятый равным 20 годам). Эффект определяется на основе проведения оценки экономических и социальных последствий осуществления предусмотренных мероприятий с точки зрения интересов пользователей транспортной системы - населения и хозяйствующих субъектов региона.

Исходными данными для расчетов служат официальные статистические данные, распорядительная документация и приложения к ним.

При оценке *эффекта от сокращения затрат времени пассажиров в пути* на пассажирском транспорте (массовом и индивидуальном) определяется ожидаемое суммарное сокращение затрат времени пассажиров в денежном выражении в результате реализации мероприятий.

В качестве стоимостной оценки времени используется значение внутреннего регионального продукта на душу населения.

При оценке *эффекта от снижения себестоимости перевозок* определяется ожидаемое суммарное изменение затрат на эксплуатацию автотранспортных средств в случае реализации мероприятий по сравнению с вариантом инерционного развития транспортной системы:

1) определяется суммарное годовое изменение величин пробега и времени в пути транспортных средств;

2) определяется эффект от снижения себестоимости перевозок на конкретный год, путем умножения удельных расходов на соответствующие транспортные показатели;

3) определяется суммарный экономический эффект от снижения себестоимости перевозок за весь расчетный период.

Суммарный годовой пробег автотранспортных средств для инерционного варианта и для варианта реализации мероприятий определяется на основе моделирования транспортных потоков. При моделировании учитывается прогнозный рост парка автотранспортных средств, а также прогнозируемая доля общественного (в т.ч. электрического и рельсового) транспорта в перевозках, связность транспортной сети и др.

При оценке *эффекта от сокращения капитальных вложений в автомобильный транспорт* определяется ожидаемое суммарное сокращение затрат на формирование парка подвижного состава и его обустройство в денежном выражении в результате реализации мероприятий.

При оценке *эффекта от сокращения потребности в оборотных средствах* определяется сокращение ожидаемого ущерба от уменьшения времени пребывания грузов в пути в году.

При оценке *эффекта от снижения аварийности на дорогах* определяется ожидаемый ущерб, который будет нанесен дорожно-транспортными происшествиями в результате гибели и ранения людей, повреждения транспортных средств, грузов и дорожного обустройства.

Суммарное годовое количество ДТП для инерционного варианта и для варианта реализации мероприятий определено на основе расчета удельных показателей:

а) количества ДТП на 1 млн. км. пробега для инерционного варианта и для варианта реализации;

б) суммарного годового пробега.

в) стоимостная оценка одного ДТП.

При оценке *эффекта от снижения экологической нагрузки от автомобильного транспорта* определяется ожидаемый ущерб, который будет нанесен окружающей среде в результате вредных выбросов в атмосферу:

1) определяется суммарный пробег для инерционного варианта и для варианта реализации мероприятий;

2) определяется эффект от снижения загрязнения окружающей среды в денежном выражении на конкретный год, путем умножения изменения суммарного годового пробега на удельный показатель стоимости ущерба;

3) определяется суммарный экономический эффект от снижения экологической нагрузки за весь расчетный период.

*Социально-экономическая эффективность* реализации мероприятий определена как отношение социально-экономического эффекта от реализации мероприятий к совокупным затратам:

1) определен дисконтированный суммарный эффект от реализации мероприятий;

2) определены совокупные расходы (инвестиции) на реализацию мероприятий с учетом дисконтирования;

3) определена социально-экономическая эффективность.