

**Глава 2****Пропускная способность и уровень обслуживания****Содержание**

Глава 2.....	1
<b>Пропускная способность и уровень обслуживания .....</b>	<b>1</b>
Содержание .....	1
<b>2-1. Введение .....</b>	<b>2</b>
<b>2-2. Пропускная способность .....</b>	<b>3</b>
<b>2-3. Запрос на трафик.....</b>	<b>3</b>
<b>2-4. Качество и уровни обслуживания.....</b>	<b>4</b>
2-4.1. Интенсивность потока в контексте обслуживания .....	4
2-4.2. Показатели эффективности.....	4
2-4.3. Критерии обслуживания.....	5
<b>2-5. Факторы влияния на пропускную способность и уровень обслуживания .....</b>	<b>5</b>
2-5.1. Базовые условия .....	5
2-5.2. Условия проезжей части.....	6
2-5.3. Условия трафика.....	6
2-5.3.1. <i>Типы транспортных средств</i> .....	6
2-5.3.2. <i>Распределение потока по направлениям и полосам</i> .....	7
2-5.4. Условия управления .....	7
2-5.5. Новые технологии .....	8

## 2-1. Введение

Настоящее руководство представляет методы анализа пропускной способности и уровня обслуживания для широкого диапазона компонентов транспортной инфраструктуры. В нем предлагаются процедуры анализа для улиц и магистралей, маршрутов общественного транспорта (автобусного, трамвайного и пр.) и путей движения пешеходов и велосипедистов.

Компоненты инфраструктуры классифицируют по двум категориям транспортных потоков: непрерывным и прерываемым. Дороги, обеспечивающие непрерывное движение транспорта, не содержат стационарных элементов, подобных светофорам, которые являются внешними по отношению к транспортному потоку и способны его прерывать. Условия прохождения потока служат результатом взаимодействия участников дорожного движения с учетом влияния геометрических параметров и характеристик окружающей среды.

Дороги с прерыванием движения транспорта обладают управляемыми и неуправляемыми пунктами доступа, способными обуславливать прерывание. К числу последних относятся светофоры, знаки *Стоп* и *Уступи дорогу* наряду с иными элементами управления, останавливающими (или значительно замедляющими) поток на периодической основе, в том числе независимо от объема трафика.

Фактор непрерывности или возможности прерывания потока определяет тип участка дороги, а не качество трафика в каждый момент времени. Автострады, испытывающие экстремальные перегрузки, например, функционируют непрерывно, а заторы на них возникают по иным, внутренним, причинам.

Автострады и их компоненты демонстрируют самую чистую форму непрерывного транспортного потока. Последний не только не подвергается прерыванию в каких бы то ни было стационарных точках, но и доступ в него контролируется и ограничивается местоположением переходов. Много- и двухполосные магистрали также способны функционировать в режиме непрерывного потока на протяженных сегментах между стационарными точками прерывания. При анализе таких магистралей наряду с точками прерывания часто необходимо особо исследовать и сегменты с непрерывным потоком.

При анализе дорожных участков с прерыванием потока следует учитывать влияние стационарных точек прерывания. Например, светофор определяет время, доступное для различных направлений движения на перекрестке. Пропускная способность ограничивается не только физическим пространством, но и временем, отводимым для движения.

Потоки общественного транспорта, пешеходов и велосипедистов обычно рассматриваются как прерываемые. Непрерывный поток такого рода может иметь место только при особых обстоятельствах — например, на длинном автобусном маршруте без остановок или в пределах пешеходного коридора. Однако в большинстве ситуаций пропускная способность ограничивается посредством остановок вдоль дорожного участка.

Анализ пропускной способности, таким образом, представляет собой набор 1) процедур определения способности дорожных участков обслуживать трафик в диапазоне заданных эксплуатационных условий, 2) инструментов оценки участков и 3) средств их планирования, проектирования и совершенствования.

Главная цель анализа пропускной способности состоит в оценке максимального количества людей или автомобилей, которые могут быть обслужены дорожным участком при приемлемой степени безопасности в продолжение заданного периода времени. Однако в условиях, близких к уровню пропускной способности, участки в общем случае функционируют плохо; поэтому штатная работа в таком режиме планируется редко. Таким образом, анализ пропускной способности также позволяет оценить максимальный объем трафика, который может быть обслужен участком при сохранении предписанного уровня функциональности.

Эксплуатационные критерии определяются на основе понятия уровня обслуживания. Диапазоны условий функционирования задаются для каждого типа дорожных участков и соотносятся с объемом трафика, который может быть обработан на каждом уровне обслуживания.

Два основных понятия, используемых в настоящем руководстве, — пропускная способность и уровень обслуживания — определяются в следующих разделах.

## 2-2. Пропускная способность

Пропускная способность дорожного участка — это максимальное часовое количество людей или транспортных средств, которые, как ожидается, способны пересечь точку или однородную секцию полосы или проезжей части в течение заданного периода времени при доминирующих дорожно-транспортных условиях и условиях управления. При этом подразумевается, что влияние последующих дорожных участков (например, удлинение очередей транспорта вплоть до анализируемой точки) отсутствует. Показатель пропускной способности в отношении людей часто используется для оценки параметров сервиса общественного транспорта, полос для движения пассажирского транспорта повышенной вместимости и участков движения пешеходов.

Доминирующие дорожно-транспортные условия и условия управления должны быть в приемлемой степени однородны в пределах каждой секции анализируемого участка. Любое изменение, вносимое в доминирующие условия, чревато изменением пропускной способности участка.

Анализ пропускной способности подразумевает проверку сегментов или пунктов (таких как регулируемые перекрестки) в пределах участка при однородных дорожно-транспортных условиях и условиях управления. Эти условия определяют пропускную способность; поэтому сегменты с различными доминирующими условиями обладают, вообще говоря, разной пропускной способностью.

Основой для определения пропускной способности служит обоснованное ожидание. Другими словами, установленная пропускная способность для рассматриваемого участка — это интенсивность потока, которая может быть неоднократно достигнута для периодов пиковых уровней запроса на трафик. Значения установленной пропускной способности могут быть достигнуты на участках со сходными характеристиками повсюду в пределах Северной Америки. Пропускная способность не есть абсолютный максимум интенсивности потока, наблюдаемый для таких участков. Характеристики водителей изменяются от региона к региону, и абсолютный максимум интенсивности потока способен варьироваться по дням недели и по местоположению.

Единицами измерения пропускной способности служат количества людей в час, пассажирских автомобилей в час и автомобилей в час, в зависимости от типа участка и вида анализа. Понятие потока людей важно при принятии стратегических решений относительно режимов функционирования транспорта в пределах загруженных коридоров и при определении роли общественного транспорта и приоритетов в использовании пассажирских автомобилей повышенной вместимости. Пропускная способность в отношении людей и поток людей служат весовыми мерами количества автомобилей каждого типа в транспортном потоке и определяются числом перевозимых ими пассажиров.

## 2-3. Запрос на трафик

В контексте настоящего руководства запрос служит основной мерой объема трафика, использующего рассматриваемый участок. Запрос относится к количеству входящих транспортных средств, в то время как нагрузка выражает число исходящих автомобилей. В отсутствие очередей запрос в заданной точке пути эквивалентен нагрузке. Здесь и далее, говоря о

нагрузке, мы будем подразумевать условия функционирования дорожного участка ниже порога его пропускной способности.

## **2-4. Качество и уровни обслуживания**

Качество обслуживания требует применения количественных мер для описания эксплуатационных условий внутри транспортного потока. Уровень обслуживания<sup>1</sup> представляет собой меру качества, описывающую эксплуатационные условия в потоке, как правило, в терминах таких параметров, как скорость и время проезда, свобода маневра, прерывания трафика, комфорт и удобство движения.

Для каждого типа дорожных участков, который снабжен соответствующими процедурами анализа, определено шесть уровней обслуживания, обозначаемых латинскими буквами от A до F, где LOS A представляет наилучшие, а LOS F — наихудшие эксплуатационные условия. Каждому уровню обслуживания поставлен в соответствие диапазон эксплуатационных условий и характеристики восприятия этих условий водителями. Безопасность не входит в число мер, определяющих уровень обслуживания.

### **2-4.1. Интенсивность потока в контексте обслуживания**

Аналитические методы, рассматриваемые в настоящем руководстве, нацелены на определение или прогнозирование максимальной интенсивности потока для различных дорожных участков на каждом уровне обслуживания — за исключением LOS F, при котором потоки нестабильны либо задержки движения продолжительны. Поэтому для каждого типа участков задается пять значений интенсивности потока, по одному для каждого уровня обслуживания (от A до E). Для LOS F предсказать параметры потока затруднительно ввиду характера движения с большим количеством вынужденных остановок.

Интенсивность потока в контексте обслуживания есть максимальное часовое количество людей или транспортных средств, которые, как ожидается, способны пересечь точку или однородную секцию полосы или проезжей части в течение заданного периода времени при доминирующих дорожно-транспортных условиях и условиях управления и с сохранением предписанного уровня обслуживания. Интенсивности потоков обычно основывают на 15-минутном периоде, и часовая интенсивность выражается как учетверенная 15-минутная пиковая нагрузка.

Заметим, что интенсивности потоков в контексте обслуживания являются дискретными значениями, в то время как уровни обслуживания представляют соответствующие диапазоны условий. Поскольку интенсивности потоков в контексте обслуживания являются максимумами для каждого уровня обслуживания, они практически определяют границы характеристик потоков между уровнями обслуживания.

Большая часть усилий в сферах проектирования и планирования сосредоточена на использовании значений интенсивности потоков при уровнях обслуживания C или D с целью гарантирования приемлемого качества сервиса для участников движения в пределах рассматриваемого компонента дорожной инфраструктуры.

### **2-4.2. Показатели эффективности**

Для каждого типа дорожных участков определены метод оценки пропускной способности и уровня обслуживания (см. материал части III настоящего руководства) и показатели

---

<sup>1</sup> На страницах русской версии руководства для удобства нередко используется соответствующая англоязычная аббревиатура LOS — от *Level of Service*. — Прим. перев.

эффективности, поддающиеся вычислению. Такие показатели отражают условия эксплуатации участка при заданном наборе дорожно-транспортных условий и условий управления. Примерами критериев эффективности, характеризующих условия прохождения потока через участок, могут служить скорость проезда и Плотность потока на автострадах, задержки на регулируемых перекрестках и скорость движения пешеходов на пешеходных переходах.

### **2-4.3. Критерии обслуживания**

Для каждого типа дорожных участков один или несколько установленных показателей эффективности выполняют роль основного фактора, определяющего уровень обслуживания. Этот фактор называют критерием обслуживания или (иногда) мерой эффективности.

## **2-5. Факторы влияния на пропускную способность и уровень обслуживания**

### **2-5.1. Базовые условия**

Многие из процедур, упоминаемых в настоящем руководстве, подразумевают использование формульного либо простого табличного или графического представления для набора заданных стандартных условий, которое подлежит корректировке с целью учета доминирующих условий в случае их отклонения от стандартных. Стандартные условия, определяемые в этом смысле, называют базовыми.

Базовые условия подразумевают нормальную погоду, хорошее дорожное покрытие, осведомленность водителей об особенностях дорожного участка и отсутствие преград для транспортного потока. Другие, более специфические, базовые условия оговариваются в каждой главе части III. Примеры базовых условий для дорожных участков с непрерывным потоком и для подъездов к перекресткам приведены ниже.

Базовые условия для дорожных участков с непрерывным потоком включают следующие положения:

- ширина полосы — 3.6 м;
- боковой зазор между кромкой полосы и ближайшим ограждением или объектами на обочине или посередине дороги — 1.8 м;
- скорость движения без помех по многополосной магистрали — 100 км/час;
- транспортный поток — только из пассажирских автомобилей (отсутствие транспорта большой грузоподъемности);
- тип местности — равнина;
- отсутствие зон запрета обгона на двухполосных магистралях;
- отсутствие препятствий для прямого направления движения из-за средств регулирования или поворачивающего транспорта;

В число базовых условий для подъездов к перекресткам входят:

- ширина полосы — 3.6 м;
- нулевой уклон;
- отсутствие стоянок у тротуара в пределах подъезда;
- транспортный поток — только из пассажирских автомобилей;
- отсутствие на полосах движения останавливающихся автобусов, обслуживающих локальные маршруты общественного транспорта;
- перекресток вне центрального делового района;
- отсутствие пешеходов.

В большинстве сеансов анализа пропускной способности доминирующие условия отличаются от базовых, и вычисления пропускной способности, интенсивности потока в контексте обслуживания и уровня обслуживания должны сопровождаться соответствующей корректировкой данных. Доминирующие условия, вообще говоря, подразделяют на условия проезжей части, трафика и управления.

## **2-5.2. Условия проезжей части**

Условия проезжей части включают геометрические и прочие факторы. В одних случаях они влияют на пропускную способность дороги; в других затрагиваются показатели эффективности (такие как скорость), но не пропускная способность или максимальная интенсивность потока на участке.

К условиям проезжей части относятся:

- количество полос;
- тип участка дороги и условия его возведения;
- значения ширины полос;
- ширина обочины и боковые зазоры;
- проектная скорость;
- горизонтальный и вертикальный профили;
- наличие выделенных полос поворота на перекрестках.

Горизонтальный и вертикальный профили магистрали зависят от проектной скорости и топографии местности, где расположена магистраль.

В общем случае с усложнением типа местности снижаются пропускная способность дороги и интенсивность потока в контексте обслуживания. Это особенно важно для двухполосных загородных магистралей, где сложность ландшафта способна не только влиять на функциональные характеристики отдельных автомобилей в потоке, но и ограничивать возможности обгона низкоскоростных транспортных средств.

## **2-5.3. Условия трафика**

К числу условий трафика, влияющих на пропускную способность и уровень обслуживания, относятся типы транспортных средств и распределение автомобилей по полосам и направлениям.

### **2-5.3.1. Типы транспортных средств**

Появление в потоке транспортных средств большой грузоподъемности, т.е. автомобилей, отличных от пассажирских (включая малые грузовики и фургоны), непосредственно влияет на количество единиц транспорта, который может быть обслужен. К категории большегрузных относятся автомобили, обладающие более чем четырьмя покрывками, соприкасающимися с дорожным полотном.

Грузовики, автобусы и рекреационные автомобили представляют собой три группы большегрузных автомобилей, к которым применяются методы, излагаемые в настоящем руководстве. Автомобили большой грузоподъемности отрицательным образом влияют на трафик в двух аспектах:

- они длиннее пассажирских автомобилей и занимают большее пространство дороги;
- они обладают худшими эксплуатационными возможностями в сравнении с пассажирскими автомобилями, особенно в части ускорения, торможения и способности поддерживать скорость на подъемах.

Второй фактор более критичен. Неспособность большегрузных автомобилей поддерживать темп, задаваемый пассажирскими, во многих ситуациях приводит к образованию длинных просветов в транспортном потоке, которые трудно заполнить за счет маневров обгона. Проистекающая отсюда неэффективность использования пространства проезжей части не может быть полностью преодолена. Этот эффект сугубо вредоносен на длинных крутых подъемах, когда различия в эксплуатационных возможностях особенно отчетливы, и на двухполосных магистралях, где обгон требует использования полосы встречного направления.

Наличие автомобилей большой грузоподъемности также влияет на операции спуска, особенно когда уклон в достаточной степени велик и вынуждает применять низшую передачу. В таких случаях большегрузные автомобили должны двигаться с меньшими скоростями, нежели пассажирские, формируя просветы в потоке.

Термин *грузовик* охватывает широкий диапазон автомобилей, от легких фургонов до тяжелых машин для перевозки угля, леса, труб и стройматериалов. Эксплуатационные характеристики отдельных грузовиков варьируются в зависимости от массы перевозимого груза и производительности двигателя.

К категории рекреационных также относятся автомобили обширной номенклатуры — кемперы, как самоходные, так и буксируемые, дома на колесах, а также пассажирские автомобили и малые грузовики-трейлеры, доставляющие различное оборудование для отдыха — лодки, снегоходы и пр. Хотя подобные автомобили способны функционировать значительно гибче, нежели грузовики, их водители не являются профессионалами, что усиливает их отрицательное влияние на транспортный поток.

Междугородные автобусы относительно однородны по быстродействию. Городские автобусы, обслуживающие линии общественного транспорта, обычно не столь мощны, как междугородные; их основное влияние на трафик обусловлено необходимостью посадки и высадки пассажиров в пределах проезжей части. В процедурах анализа, применяемых в настоящем руководстве, параметры производительности автобусов принимаются близкими тем, которые характерны для грузовиков.

### **2-5.3.2. Распределение потока по направлениям и полосам**

Помимо распределения автомобилей по типам, влияние на пропускную способность, интенсивности потоков в контексте обслуживания и уровень обслуживания оказывают две другие характеристики распределения трафика — по направлениям и полосам. Распределение по направлениям демонстрирует существенное влияние на функционирование двухполосных загородных магистралей, которые достигают оптимальных условий, когда объем трафика в обоих направлениях примерно равен. При анализе пропускной способности многополосных магистралей внимание сосредоточивают на одном направлении потока. Тем не менее каждое направление дорожного участка обычно проектируется с учетом возможности обслуживания потока пиковой интенсивности. Как правило, утренний пик трафика случается в одном направлении, а вечерний — в противоположном. Распределение по полосам также служит немаловажным фактором на многополосных участках. Обычно боковые полосы пропускают меньше трафика, нежели остальные.

### **2-5.4. Условия управления**

Для дорожных участков с прерыванием транспортного потока регулирование времени движения в определенных направлениях является существенным фактором, воздействующим на пропускную способность, интенсивности потоков в контексте обслуживания и уровни обслуживания. К наиболее критичным типам средств управления относятся светофоры. На функционирование дорожно-транспортной системы влияют разновидность схемы управления, фазы сигналов, распределение времени зеленого сигнала, длительность цикла и взаимосвязь

между смежными устройствами регулирования. Все эти параметры подробно рассматриваются в главах 10 и 16.

Знаки *Стоп* и *Уступите дорогу* также влияют на пропускную способность, однако менее детерминированным образом. Светофор распределяет промежутки времени разрешения каждого направления движения; однако знаки *Стоп* на двух сторонах перекрестка только определяют право проезда по главной дороге. Автомобили, следующие по второстепенной дороге, должны остановиться и найти просвет в потоке на главной дороге, чтобы совершить необходимый им маневр. Пропускная способность второстепенных подъездов, таким образом, зависит от условий на главной дороге. Знаки *Стоп* на всех сторонах перекрестка заставляют водителей останавливаться и въезжать на перекресток попеременно. Пропускная способность и эксплуатационные характеристики могут изменяться в широких пределах в зависимости от запросов на трафик на различных подъездах.

Средства регулирования других типов способны значительно влиять на пропускную способность, интенсивности потоков в контексте обслуживания и уровни обслуживания. Ограничение на стоянку у тротуара может способствовать увеличению количества полос, реально доступных для движения по улице или магистрали. Ограничения поворота способны предотвратить конфликты на перекрестках и увеличить их пропускную способность. С помощью предписаний относительно распределения полос можно отводить пространство проезжей части для совместного использования несколькими направлениями или создавать реверсивные полосы. Наконец, маршруты одностороннего движения устраняют конфликты между левыми поворотами и трафиком встречного направления.

## **2-5.5. Новые технологии**

Современные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) способны увеличить степень безопасности и эффективности функционирования транспорта. Стратегии, лежащие в основе ИТС, направлены на повышение эксплуатационных качеств дорожных систем. В контексте настоящего обсуждения подразумевается, что ИТС могут включать любые технологии, позволяющие водителям и операторам систем регулирования движения собирать и использовать информацию реального времени для улучшения качества навигации автомобилей и управляемости дорожно-транспортной системы в целом.

До настоящего времени для определения степени влияния ИТС на пропускную способность и уровень обслуживания предпринимались незначительные исследовательские усилия. Процедуры, рассматриваемые в нашем руководстве, подразумевают использование дорожной инфраструктуры без усовершенствований за счет ИТС.

Текущие программы ИТС могут оказывать влияние на результаты определенных процедур анализа пропускной способности в следующих аспектах.

- Для автострад и других магистралей с непрерывным транспортным потоком ИТС может обеспечить некоторое сокращение интервала движения, что повлекло бы увеличение пропускной способности таких дорожных участков. Помимо того, даже при неизменности интервала движения уровень обслуживания можно улучшить за счет использования бортовых систем управления автомобилями, предлагающих водителю более высокий уровень комфорта по сравнению с тем, который они испытывают в условиях езды на близкой дистанции от других участников движения.
- Для регулируемых перекрестков основным преимуществом от использования ИТС могло бы стать более эффективное распределение времени зеленого сигнала и рост пропускной способности. Впрочем, средства ИТС демонстрируют, вероятно, менее осязаемое влияние на прерываемый поток, нежели на непрерывный.



- На нерегулируемых перекрестках улучшение пропускной способности может возникнуть в том случае, если ИТС помогает водителям обнаруживать подходящие просветы во встречном потоке или в потоке на главной дороге.

Многие из усовершенствований, приносимые ИТС, — подобные средствам информирования водителей (например, о дорожно-транспортных происшествиях), — проявляются на системном уровне. Хотя инструменты ИТС обеспечивают преимущества для дорожной системы в целом, они не оказывают влияния на методы вычисления пропускной способности и уровня обслуживания для отдельных участков и перекрестков.