

МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАГРУЗКИ УДС ГОРОДОВ

С.А. Ваксман, А.А. Цариков, Н.А. Обухова

Руководству по проведению транспортных обследований в городах [1] исполнилось 35 лет, за это время появились новые методики проведения обследований и загрузки магистральных улиц транспортными потоками и технические средства автоматизации процессов обследования. В статье приводится обзор современных методов получения информации о транспортных потоках на УДС.

The guide for conducting transport surveys in cities [1] is already 35 years, during this time, there are new methods of conducting surveys and main streets' load by traffic flows and technical means of surveys' processes automation. The article provides an overview of modern methods for obtaining information about SRN's traffic flows.

Определимся с терминологией: Транспортная нагрузка улично-дорожных сетей городов предусматривает выявление (определение) таких параметров, как интенсивность транспортных и пешеходных потоков, структура транспортных потоков, скорости движения, корреспонденции, реализуемые на транспорте между районами отправления и тяготения, величина и доля транзитного, по отношению к городу и отдельным его частям (зонам) движения, изменение всех параметров во времени (по месяцам, дням недели, по часам суток, внутри часов «пик») и в пространстве города по видам улиц и дорог.

Классификация методов обследования транспортной загрузки городов:

По способу получения информации обследования подразделяются на:

1. Сбор отчетно-статистических сведений, в процессе которого источником информации служат документальные материалы государственной статистики и отчетные показатели хозяйственной деятельности предприятий.

2. Опросные обследования, при которых информацию получают опросам респондентов об их деятельности (передвижениях) и стилях её определяющих (откуда, куда, цель и т.п.).

3. **Натурные обследования**, в процессе которых непосредственно (в натуре) фиксируются искомые характеристики обследуемого процесса.

К опросным обследованиям относятся:

- обследование передвижений населения города (количество, цель, направление и условия совершенствования передвижений населения между городами – пешком, на средствах транспорта);

- обследование внегородских передвижений населения (частота, цель и условия совершенствования поездок населения между городом-центром и прилегающим районом);

- обследование использования легковых автомобилей (время, частота, цель и дальность поездки на автомобилях и других мототранспортных средствах, находящихся в личной собственности граждан);

- обследование интенсивности, состава и направления движения автотранспорта на входах в городом;

- обследование грузовых и транспортных корреспонденций между отдельными районами и зонами города.

При проведении в городе или отдельном его образовании опросного обследования транспортных потоков только одной стороны движения (векторно независимо) посты «шлагбаума» соседних расчетных зон должны устанавливаться на встречных направлениях.

В пунктах выборочного опросного обследования необходимо одновременно проводить натурные обследования в обоих направлениях движения, результаты которых используются как генеральная совокупность транспортного потока.

При опросе водителей автотранспорта должно задаваться минимально потребное количество вопросов, обязательно включающих в себя:

- номера расчетных зон (или их бытовое название) отправления и назначения, для чего учетчик должен быть снабжен схемой города с территориальным зонированием;

- вид транспорта и тип подвижного состава (грузоподъемность и признак автопоезда, вместимость – для автобусов).

К натурным относятся обследования следующих параметров транспортной системы:

- пассажиропотоков и пассажирооборота остановочных пунктов маршрутов пассажирского транспорта;

– наполнение единиц подвижного состава на характерных участках маршрутов и магистрально-уличной сети города или района расселения;

– интенсивности и состава движения транспорта на магистрально-уличной сети города;

– интенсивности и состава движения автотранспорта на входящих в город автодорогах;

– интенсивности движения пешеходов;

– скоростей движения на улицах и дорогах города;

– задержек движения на перекрестках и в отдельных сечениях магистрально-уличной сети;

– уровня транспортного шума и загрязнение атмосферы выбросами автомобилей;

– размещения и условия работы стоянок автотранспорта;

– определение доли транзитного движения;

– определение корреспонденций транспорта и пассажиров между отдельными районами города;

– условий движения в пунктах периодического скопления людей (стадионы, парки, вокзалы и т.п.).

Ниже, рассматриваются методы проведения обследований транспортной загрузки УДС.



К натурным обследованиям предъявляются следующие требования:

– обследования должны проводиться в такие дни недели и сезоны года, когда обеспечиваются характерные режимы функционирования обследуемых объектов за исследуемый период времени;

– не допускается обследование объектов, имеющих временные или аварийные режимы работы. В случае, если временные или аварийные режимы охватывают незначительную часть обследуемой системы объектов и не оказывают искажающего воздействия на функционирование системы в целом, допускается перенос сроков обследования этой части объектов на время, обеспечивающее восстановление нормального режима их работы, при этом сроки и методика дополнительных обследований должны обеспечивать сопоставимость результатов.

По способу учета эти обследования интенсивности движения бывают:

- визуальные;
- визуально-приборные (полуавтоматические);
- приборные (автоматические).

При *визуально-приборном* методе обследования интенсивности транспортных потоков движение транспорта записывается на видео непосредственно учетчиком, либо берется со стационарно установленных камер. Это позволяет сократить необходимое количество учетчиков, но увеличивает время обработки данных.

Для измерения интенсивности транспортных потоков *приборным методом* применяют переносную или стационарную аппаратуру, основным элементом которой являются датчики (детекторы), устанавливаемые стационарно или временно на проезжей части дороги.

В городе Екатеринбурге на стационарных постах установлены инфракрасные датчики. Также, в качестве датчиков для измерения интенсивности движения применяют пневматические, индуктивные, ультразвуковые, лазерные и радиолокационные приборы.

По повторяемости (регулярности проведения) обследования бывают:

- систематические;
- эпизодические (разовые).

Систематические обследования проводятся регулярно через определенные интервалы времени. В целях обеспечения сопостави-

мости их результатов они, как правило, проводятся по одной и той же методике в течение длительного времени.

Эпизодические обследования проводятся по мере необходимости.

По охвату обследованиями элементов УДС они бывают:

- простые;
- сложные.

Простые – обследования загрузки одного или нескольких узлов, *сложные* – обследования загрузки части или всей УДС.

В зависимости от целей использования материалов обследований, величины города и испытываемых им транспортных затруднений обследования могут проводиться:

- на перегоне или в узле /нескольких узлах/ улично-дорожной сети /простое обследование/;
- на части магистральных улиц или в транспортном районе;
- на всей магистральной сети городских улиц и дорог;

По способу отбора объектов для изучения все обследования подразделяются на:

- сплошные;
- выборочные.

Сплошными обследованиями охватывают все изучаемые объекты. При значительном числе таких объектов необходимая информация может быть получена *выборочным обследованием* представительной части общей группы или совокупности.

Сплошные обследования могут проводиться *одномоментно* или *мозаично*. При *одномоментном* обследовании проводится одновременное обследование всех объектов. При *мозаичном* проводится отдельное обследование объектов по районам в разные дни, схожие по характеру перемещений, например, каждый вторник проводится обследование отдельного района города или отдельных маршрутов общественного транспорта.

По продолжительности проведения обследования загрузки улично-дорожной сети подразделяются на:

- долгосрочные;
- краткосрочные.

Продолжительность проведения *долгосрочных* обследований не ограничена. В настоящее время *долгосрочные* обследования в городах применяются только для исследовательских целей.

Обследования, общая продолжительность которых не превышает 24 часов непрерывных наблюдений, относятся к *краткосрочным*.

В *краткосрочных* обследованиях, наиболее применяемым является 12-часовое наблюдение транспортных потоков (с 7 до 19 часов), учитывающее примерно 80–85 % суточного потока. Часовые наблюдения проводятся в часы максимальной загрузки (часы-«пик») после суточных или 12-часовых обследований.

Методика сбора данных об интенсивности движения транспорта должна отвечать следующим требованиям:

- получаемые в результате обследования материалы должны быть достоверными;
- необходимые данные должны получаться быстро, в сравнительно короткие сроки;
- подготовка обследования не должна требовать сложной организационной работы и привлечения большого количества учетчиков;
- обследование должно проводиться без существенных помех для уличного движения и изменений в распределении транспортных потоков по улично-дорожной сети;
- заранее разрабатываемый бланк учета должен быть пригодным для получения необходимых данных и удобным для обработки без проведения большой подготовительной работы;
- обследование должно быть экономичным.

По охвату видов транспорта обследования бывают:

- комплексные – обследуются все виды подвижного состава
- индивидуальные когда обследуются единицы какого-то одного вида (или даже подвида).

Методика визуального сплошного обследования интенсивности движения

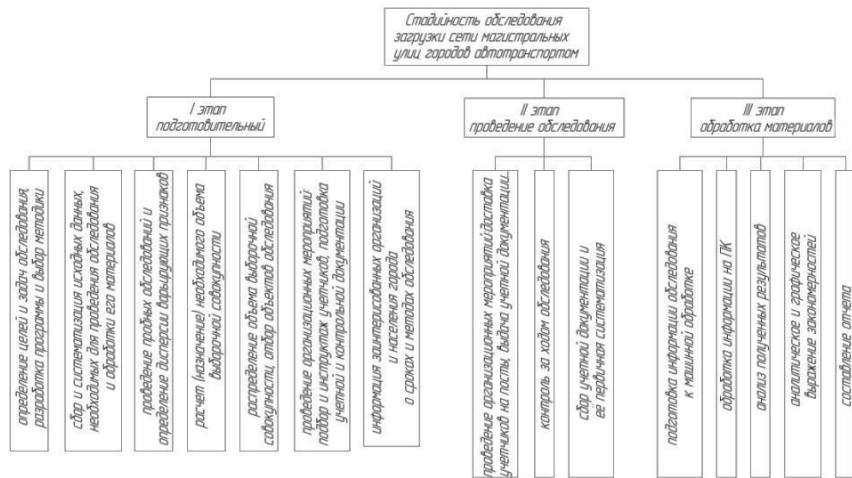
Обследование состоит из трех этапов. Первый этап – подготовительный, во время которого осуществляется:

1) определение целей и формулировка задач обследования, разработка программы, выбор объектов обследования, установление его продолжительности и др.;

2) решение организационных вопросов: согласование с заинтересованными организациями схемы размещения учетных постов, подбор учетчиков, размножение учетной документации...;

3) Инструктаж учетчиков и проведение пробного учета в течение 20–30 мин;

4) составление программы обработки материалов обследований.



С учетом недельной неравномерности интенсивности движения наилучшими днями обследования являются вторник-четверг.

Для рационального размещения постов необходимо тщательно ознакомиться с планировкой и структурой улично-дорожной сети, выявить наиболее ответственные участки магистральных улиц и узлы, на которых концентрируются транспортные потоки. По результатам ознакомления с улично-дорожной сетью составляется «Сводная схема дислокации учетных постов». Количество и месторасположение учетных постов определяется по типовым схемам, основные принципы составления которых заключаются в следующем:

а) учет движения производится на перекрестке;

б) каждый учетчик располагается вне проезжей части, не создавая помех транспортным средствам и не подвергая себя опасности;

в) учетчик должен видеть все транспортные направления, которые он регистрирует; в ходе обследования не должно создаваться помех для обследования (нужно учитывать движение габаритного транспорта).

Количество людей для обследования определяется таким образом, что бы были учтены все обследуемые направления. Количество зави-

сит от организации движения на перекрестке, от разрешенных направлений и интенсивности движения транспортных средств. Учетчик должен успевать учитывать и записывать полученные данные.

Второй этап – проведение обследования. На этом этапе регистрируется количество различных по типам экипажей, проходящих через учетный пост за определенные интервалы времени, и распределение в узле транспортного потока по направлениям дальнейшего следования. Проходящие через пост транспортные средства регистрируются в учетном бланке (рисунок 1). Учет производится отдельно по типам транспортных средств: легковые, грузовые (с подразделением по грузоподъемности); автобусы (с подразделением по длине); троллейбусы; мотоциклы.

Учет интенсивности и структуры транспортного потока производится по часовым интервалам отдельно для каждого направления движения в данном сечении. Прохождение грузовых автомобилей с прицепами фиксируется особой пометкой (+) в колонке, соответствующей грузоподъемности ведущего автомобиля, либо в бланке учета выделяется специальная графа «грузовые с прицепом».

Третий этап – обработка материалов обследования и их графическое оформление выполняется в соответствии с программой исследования.

В целях выявления точности сплошного визуального метода в 1968 г. С.А. Ваксманом был проведен эксперимент: в одном и том же сечении шестнадцать учетчиков (примерно равной квалификации и опыта) одновременно и независимо измеряли интенсивность движения. Полученные значения часовой интенсивности движения обозначались через $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. Затем определялась средняя величина $X_{\text{ср}}$ и погрешность измерения $|\Delta| = \frac{|X_i - X_{\text{ср}}|}{X_{\text{ср}}} * 100$. Средняя величина погрешности была равна 0,86 %, при максимальном её значении – 2,36 %, среднее квадратичное отклонение – 0,65 %. Истинное значение погрешности (в процентах) при уровне вероятности 0,95 лежит в интервале $0,55 \% \leq |\Delta| \leq 1,20 \%$. Следовательно, наибольшая погрешность визуального сплошного метода обследования в 95 случаях из 100 не должна превышать 1,2 %.

Разумеется, с увеличением интенсивности движения в данном сечении и продолжительности работы учетчика возрастает погрешность визуального обследования. При непрерывной работе учетчика

в течение 6 часов и высокой интенсивности движения погрешность измерения интенсивности достигала 4-5 %.

Достоинством сплошных «мгновенных» обследований является то, что в результате их проведения получается достоверная картина загрузки всей (или преимущественной части) улично-дорожной сети за определенный отрезок времени. К недостаткам таких обследований относится значительная трудоемкость их проведения и обработки материалов. Так, например, в обследовании интенсивности и структуры движения на основных узлах в городе Свердловске, проведенном в 1959 г., приняло участие 255 учетчиков (продолжительность обследования 12 часов), а в 1960 г. при учете движения на преимущественной части улично-дорожной сети города – более 500 учетчиков. Кроме того, по материалам однодневного сплошного обследования нельзя составить объективное представление о том, отражают ли они максимальную, минимальную или какую-то промежуточную интенсивность загрузки сети; между тем эта интенсивность существенно изменяется по дням недели и сезонам года. В связи с этим значительный интерес представляет применение выборочного метода к такого рода обследованиям.

Теоретические предпосылки к применению выборочного метода для обследования интенсивности движения.

Под выборочными обследованиями понимаются такие несплошные наблюдения, при которых обследованию подвергается не вся совокупность транспортного потока, а лишь его часть, отобранная специальным образом.

Задачей выборочного наблюдения является получение характеристики или оценки всей совокупности единиц на основе обследования части этой совокупности. В дополнение к ранее указанным работам по подготовке и проведению сплошного обследования при выборочном необходимо:

- а) определить процент и способ отбора;
- б) произвести расчет ошибки выборки;
- в) пересчитать выборочные характеристики на всю генеральную совокупность.

Выборочные обследования интенсивности движения транспортных потоков, по сравнению со сплошными, менее трудоемки, доступнее, проще в организации и проведении наблюдений и, что

особенно существенно, обеспечивает большую оперативность в получении необходимой информации. Помимо экономии времени и денежных расходов (вследствие меньшего числа обследуемых единиц и уменьшения объема затрат на обработку материалов) выборочные обследования позволяют получить ряд дополнительных характеристик транспортного потока: изменение интенсивности движения по дням недели и сезонам года. Результаты выборочного обследования позволяют уточнить данные сплошных наблюдений и проследить их изменение во времени.

Выборочный метод может быть рекомендован к применению для:

- а) оценки интенсивности движения в i -й час любого дня недели;
- б) получение суточной (С-часовой) интенсивности движения;
- в) анализа изменения интенсивности движения по дням недели, неделям и месяцам года.

Для получения часовой интенсивности движения выборочным методом в сечении производится t -минутное наблюдение и умножением t -минутной интенсивности на переходный коэффициент $d = 60/t$, является часовая интенсивность. Для получения суточной (С-часовой) интенсивности движения в течение каждого часа осуществляется t -минутные наблюдения; величины t -минутных интенсивностей складываются и умножаются на переходный коэффициент.

Методика обследования скоростей движения транспорта

Скорость движения транспортных средств на данном участке определяется по методу «двух точек».

Метод «двух точек» заключается в фиксации с помощью секундомера времени прохождения выбранного для наблюдения автомобиля между двумя точками на магистрали, отмечаемыми специальными метками или линиями (расстояние между этими метками обычно принимается равным 100 м). Фиксация может производиться одним или двумя учётчиками. При двух учётчиках каждый из них размещается против отметки, у второго учётчика по направлению движения находится секундомер, а первый подаёт ему сигнал рукой в момент прохождения передних колёс автомобиля через первую метку. Второй учётчик фиксирует с помощью секундомера оба момента прохождения автомобиля через первую и через вторую метки и записывает данные в журнал произвольной формы.

При выполнении обследования одним учётчиком, он должен размещаться на значительной высоте над проезжей частью, например, на балконе высокого здания, и наблюдать за прохождением транспортного средства через первую и вторую метки.

При отсутствии высоких сооружений в районе проведения обследования рекомендуется применять зеркальное приспособление, называется эноскопом.

Методы проведения обследования могут быть классифицированы по следующим признакам:

1. По месту нахождения учетного пункта:

- вне движущегося автомобиля – на перегоне или перекрестке;
- в движущемся экспериментальном автомобиле.

2. По типу применяемой измерительной аппаратуры с использованием спортивных секундомеров, электросекундомеров, комплекта приемопередающих устройств – датчиков, вмонтированных в проезжую часть с фиксацией сигнала на осциллографе или самописце, радиолокационного измерителя скоростей типа рис.10 – вне автомобиля, и спидометра или комплекта аппаратуры – в экспериментальном автомобиле.

3. По методу получения показателей – прямой (снятие значения скорости со шкалы регистрирующего прибора) или косвенный – путем подсчета по формуле:

$$v = L / t,$$

где v – скорость;

L – длина экспериментального участка;

t – время, затрачиваемое на прохождение этого участка.

Ниже рассмотрена методика замера скоростей движения на экспериментальном участке длиной 50 м, с использованием в качестве регистрирующего прибора секундомеров спортивного типа.

Методика проведения обследования по определению мгновенных скоростей движения на перегоне улиц

По проведению обследования по замеру скоростей предшествует подготовительный этап, в процессе которого выполняются следующие работы:

1. Рекогносцировка участка улично-дорожной сети и сбор данных о ширине проезжей части, типе покрытия, продольных и поперечных уклонах, интенсивности и структуре транспортного потока, сложившейся схеме организации движения на прилегающих узлах, средствах регулирования и т.д.

2. Выявляются факторы, влияющие на скорость движения (задержки у перекрестков, помехи со стороны пешеходов или транспорта, узкие проезжие части, въезды в микрорайон или магазины и т.д.).

3. Выбирается место размещения экспериментального участка, наносятся створные линии, определяются места размещения учетчиков, обеспечивающие хороший обзор и минимум помех со стороны пешеходов и транспорта. Участок желательно размещать через 100–150 м после проезда перекрестка. В том случае, когда расстояние между перекрестками превышает 300–350 метров, учет скоростей движения для каждого направления должен производиться на несовпадающих участках.

4. После выбора мест проведения обследования осуществляется инструктаж учетчиков и производятся пробные замеры в течение 20 – 30 минут.

Указанные замеры могут быть использованы для определения необходимости длительности обследования.

На основании анализа дорожно-транспортной ситуации производится определение времени проведения обследования и его длительности. рекомендуются следующие дни недели: вторник, среда, четверг и пятница.

Время – до, во время и после часа «пик», обычно с 14 до 17 часов вечера.

Продолжительность обследования определяется по формуле выборочного метода:

$$n = (t^2 * \sigma^2) / E^2,$$

где n – количество обследуемых автомобилей;

σ – колеблемость исследуемого признака;

E – допустимая предельная ошибка, принимаемая 1 км/с;

t – функция доверительной вероятности, принимаемая обычно равной 2.

Для определения колеблемости признака может быть использована следующая формула:

$$\sigma = R / 6,$$

где R – размах колебаний скорости, представляющий собой разность между максимальным и минимальным значением наблюдаемой величины скорости.

Обычно величина колеблется в интервале от 8 до 12.

Пример. Предположим, что в процессе предварительного обследования диапазон колебаний скорости составил 13–18 км/ч. Тогда размах $R = 85 - 13 = 72$ км/ч, величина $\sigma = 72 / 6 = 12$, а необходимое количество замеров, обеспечивающее достаточную для практических целей надежность ($p = 0,95$), составит $n = (2^2 * 12^2) / 1^2 = 576$ (автомобилей).

Необходимое количество замеров колеблется обычно в диапазоне от 400 до 600.

После определения места, времени и продолжительности проведения замеров, инструктажа и проверки учетчиков производится само обследование.

Проведение обследования. Для замера скоростей движения выставляется на экспериментальный участок бригада, состоящая из 2 человек (бригадира и его помощника). Каждая бригада должна иметь при себе:

- два спортивных секундомера;
- бланк учетной ведомости;
- карандаш, резинку.

Размещаться учетчики должны таким образом, чтобы в поле их зрения были видны две стороны линии, при проезде через которые производится включение и остановка секундомера. В городских условиях очень удобно размещаться на балконах, крышах домов или возвышенных местах. В этом случае оба счетчика находятся вместе. Один из них работает с секундомером, другой ведет записи.

Когда такой возможности нет, счетчики размещаются по одному у створной линии.

Первой отмашкой руки фиксирует момент прохождением автомобилем начального створа, а второй расположенный у конечного

створа, включает секундомер и останавливает его при проезде своего створа.

Так как движение автомобилей в городских условиях происходит в колоннах, учесть каждый из них не представляется возможным. Поэтому достаточно фиксировать первый и последний автомобиль в колонне, а также одиночные автомобили.

Форма учетной ведомости составлена таким образом, что позволяет учитывать тип автомобиля. Все экипажи подразделены на 4 группы: грузовые, легковые, автобусы и троллейбусы. Грузовые автомобили, в свою очередь, также подразделены на 4 типа по грузоподъемности: до 3 тонн, от 3 до 5, больше 5 и прицепы. Время проезда экспериментального участка фиксируется точкой (по системе десяток) в соответствии с принятым интервалом дробления скоростей, равному 5 км/ч.

Пример. Грузовой автомобиль прошел экспериментальный участок за 4,2 с. В учетной ведомости это зафиксировано так: в вертикальную графу – «грузовые автомобили до 3 т» в интервал от 4,0 до 4,4 с, соответствующий средней скорости 42,5 км/ч, вносится соответствующая пометка.

Преимущество указанной формы состоит в том, что она позволяет по величине времени проезда сразу, без подсчета (правда с некоторой ошибкой), определить значение скорости движения. Это значительно облегчает последующую обработку результатов обследования, позволяя учитывать и скоростные возможности различных типов автомобилей.

После набора необходимого количества замеров обследование заканчивается и начинается его обработка.

Литература

1. Руководство по проведению транспортных обследований в городах / Белорус. гос. н.-и. и проект. Ин-т градостр-ва Госстроя БССР, Центр. н.-и. и проект. ин-т по градостроительству Госгражданстроя. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с.

2. Ваксман, С.А. Исследование закономерности автотранспортной загрузки сети магистральных улиц: диссертация / С.А. Ваксман. – Свердловск, 1970.

3. ОДМ 218.2.032-2013. Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах. Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – М., 2013.

4. ОДМ 218.6.003-2011. Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – М., 2013.

5. Экспериментальное изучение характеристик транспортного и пешеходного движения: Методические указания к лабораторным и практическим работам по курсу «Городской транспорт и организация движения» / Л.В. Булавина. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 30 с.

6. Иносэ, Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада; под ред. М.Я. Блинкина: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.

7. Организация дорожного движения в городах: методическое пособие; под общ. ред. Ю.Д. Шелкова / Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России. – М., 1995. – 143 с.

8. Пугачев, И.Н. Организация и безопасность движения: учеб. пособие / И.Н. Пугачёв. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004. – 232 с.

9. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с. (Детекторы транспорта обзоры).

10. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / пер. с англ. В.У. Рэнкин [и др.]. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.

11. Ваксман, С.А. Транспортный аудит городов Часть первая: Информационное обеспечение развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния или транспортные обследования в городах и зонах их влияния / С.А. Ваксман. – Екатеринбург, 2009.

12. Глик, Ф.Г. Пособие П2-99 к СНБ 3.03.02.-97 «Обследование транспортных потоков и прогнозирование сети городских улиц и дорог» / Минархстрой РБ: Минск, 1999. – 57 с. (Соавторы С.А. Брандин и И.С. Борисик).

Окончательно поступила 16 января 2017г.