ОДМ 218.2.072–2016
ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И УРОВНЕЙ ЗАГРУЗКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2018

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью «Институт экономико-математических методов в дорожно-транспортных исследованиях» (ООО «ИНЭМДорТранс»).

Коллектив авторов: канд. техн. наук, проф. В.М. Ерёмин, канд. техн. наук А.М. Бадалян.

2 ВНЕСЕН Управлением строительства и эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 07.06.2016 № 975-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Общие положения метода компьютерного моделирования транспортных потоков 2
5 Основные факторы, влияющие на пропускную способность автомобильных дорог 4
6 Коэффициенты приведения различных типов автомобилей к легковому автомобилю 4
7 Подготовка исходной информации 5
8 Процедура расчета пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог 7
9 Выходная информация 8
Приложение А Описание интерфейса Программы и работы с ним (инструкция пользователя) 9
Приложение Б Формат исходной информации, вводимой в автоматическом режиме 15
Библиография 16

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по оценке пропускной способности и уровней загрузки автомобильных дорог методом компьютерного моделирования транспортных потоков

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ (далее – методический документ) определяет и разъясняет методы оценки пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог на основе компьютерного моделирования движения автомобилей.

1.2 Данный методический документ рекомендуется к применению при проектировании новых, реконструкции, ремонте и эксплуатации существующих автомобильных дорог общего пользования, а также при разработке нормативных документов в качестве инструмента оценки пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 52398–2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования

ГОСТ Р 52399–2005 Геометрические элементы автомобильных дорог

ГОСТ Р 52766–2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*)

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **перегон участка дороги (перегон):** Участок дороги, начало и конец которого расположены между двумя соседними пересечениями (примыканиями) данной дороги.

3.2 **интенсивность движения:** Число автомобилей, проходящих в единицу времени через определенное сечение дороги.

3.3 **пропускная способность перегона (участка дороги):** Максимальное число автомобилей, которое может пропустить данный участок в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодно-климатических условиях.

3.4 **состав движения:** Показатель транспортного потока, характеризующий наличие в нем различных типов транспортных средств.

3.5 **уровень загрузки участка дороги:** Отношение интенсивности движения к пропускной способности данного участка дороги.

3.6 **дорожные условия:** Совокупность геометрических параметров, транспортно-эксплуатационных качеств дороги, дорожных покрытий, элементов обустройства и обстановки.

3.7 **система «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (система ВАДС):** Фрагмент сети автомобильных дорог (реальный или виртуальный) или сеть в целом с движущимися по нему транспортными средствами.

4 Общие положения метода компьютерного моделирования транспортных потоков

4.1 Объектом моделирования является система ВАДС. Микроописание этой системы (имитационная модель системы), т. е. набор моделей поведения отдельных элементов системы, механизмов их взаимодействия между собой и их реакций на поступающие извне сигналы, строится на основе априорной и эмпирической информации. Затем с имитационной моделью системы проводятся серии компьютерных экспериментов, по результатам которых делаются выводы о характеристиках функционирования исследуемой системы ВАДС.

4.2 Принципы компьютерного моделирования системы ВАДС заключаются в следующем. Моделируемая реальная система представляет собой открытую динамическую систему, состоящую из конечного числа элементов (автомобилей), движущихся в некоторой организованной области (по элементам улично-дорожной сети, схеме организации движения и т. д.). Извне в систему могут поступать входные сигналы (в частности, о времени въезда на исследуемый участок новых автомобилей, их типах, технических характеристиках и др.).

Время поступления и вид поступающих в систему входных сигналов подчиняются определенным (обычно, вероятностным) законам.

Каждый элемент системы характеризуется конечным набором атрибутов, которые изменяются во времени. Так, автомобиль в любой момент времени описывается следующими параметрами: положением на дороге (координатами определенных точек), курсовым углом, линейной скоростью, ускорением (замедлением), скоростью и направленностью поворота рулевого колеса, номером передачи коробки перемен передач и др.

В качестве основной гипотезы при разработке микроописания системы ВАДС принято, что в процессе ее работы функция поведения каждого параметра любого элемента изменяется скачкообразно в дискретные моменты времени и остается непрерывной в промежутках между скачками. Суть данной гипотезы заключается в том, что скачкообразное изменение параметров системы не является спонтанным, а обусловлено определенной причиной.

Варьируемыми факторами в разработанных имитационных моделях являются:

- дорожные факторы (геометрические параметры продольного и поперечного профиля дороги, характеристики дорожного покрытия, расстояние видимости и др.);
- схема организации дорожного движения (наличие различных дорожных знаков, дорожной разметки, светофоров и др.);
- параметры транспортного потока (интенсивность движения, состав транспортного потока);
- характеристики отдельных автомобилей в составе транспортного потока (тип автомобиля, параметры двигателя и трансмиссии, габаритные и весовые параметры, возраст автомобиля, коэффициенты обтекаемости, сопротивления качению шин и др.);
- характеристики водителей (тип – осторожный, нормальный, агрессивный, время реакции, дисциплинированность по отношению к соблюдению тех или иных правил дорожного движения, желаемая скорость движения и др.).

4.3 На основе описанного метода разработано программное обеспечение «Расчет пропускной способности перегонов автомобильных дорог» (далее – Программа), позволяющее проводить оценку пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог.

5 Основные факторы, влияющие на пропускную способность автомобильных дорог

5.1 Основными влияющими факторами на пропускную способность автомобильных дорог при применении метода компьютерного моделирования транспортных потоков приняты следующие.

• Характеристики дорожных условий и диапазоны их изменения (определены с учетом требований ГОСТ Р 52398–2005, ГОСТ Р 52399–2005, ГОСТ Р 52766–2007, СП 34.13330.2012):

- количество полос по направлению движения (1, 2, 3 и более);
- радиус кривой в плане (50–1000 м);
- продольный уклон (–100–100 ‰);
- коэффициент сцепления (0,15–0,60);
- ширина полосы движения (2,5–3,75 м);
- ширина обочины (0–3,75 м);
- ровность дорожного покрытия (50–400 см/км по ТХК-2);
- видимость (50–1000 м).

• Характеристики транспортного потока: интенсивность движения по направлению, авт./ч (диапазон изменения: от 0 до пропускной способности), и состав движения [1], %, который включает:

- автомобили легковые;
- легкие грузовые грузоподъемностью до 2 т;
- средние грузовые грузоподъемностью до 6 т;
- тяжелые грузовые грузоподъемностью до 14 т;
- сверхтяжелые грузовые грузоподъемностью свыше 14 т;
- средние автопоезда грузоподъемностью до 12 т;
- тяжелые автопоезда грузоподъемностью до 20 т;
- сверхтяжелые автопоезда грузоподъемностью до 30 т;
- автобусы.

5.2 Предлагаемый метод компьютерного моделирования транспортных потоков предназначен для оценки влияния перечисленных дорожных факторов на пропускную способность и уровни загрузки перегонов автомобильных дорог.

6 Коэффициенты приведения различных типов автомобилей к легковому автомобилю

6.1 Метод компьютерного моделирования транспортных потоков позволяет оценивать пропускную способность автомобильной дороги как в физических, так и приведенных к легковому автомоби-

лю единицах. Для ее оценки в приведенных к легковому автомобилю единицах вводятся коэффициенты приведения.

6.2 Коэффициенты приведения различных типов автомобилей к легковому автомобилю были определены на основании результатов компьютерных экспериментов (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициенты приведения различных типов автомобилей к легковому автомобилю

Тип автомобиля	Грузоподъемность, т	Значение коэффициента приведения
Легковые		1,0
Легкие грузовые	До 2	1,34
Средние грузовые	До 6	1,53
Тяжелые грузовые	До 14	2,06
Сверхтяжелые грузовые	Свыше 14	2,63
Средние автопоезда	До 12	2,81
Тяжелые автопоезда	До 20	3,30
Сверхтяжелые автопоезда	До 30	3,70
Автобусы		2,25

7 Подготовка исходной информации

7.1 Форма задания исходной информации об исследуемом участке дороги

7.1.1 Элементарный участок автомобильной дороги

7.1.1.1 Под элементарным участком автомобильной дороги понимается такой участок, на всей протяженности которого остаются неизменными следующие его параметры:

- радиус кривой в плане;
- продольный уклон;
- коэффициент сцепления;
- количество полос движения;
- ширина проезжей части (полос движения);
- ширина обочины;

- ровность дорожного покрытия;
- видимость.

7.1.1.2 Элементарный участок характеризуется длиной и набором конкретных значений упомянутых характеристик.

7.1.2 Разбивка исследуемого участка автомобильной дороги на элементарные участки

7.1.2.1 Для моделирования исследуемого участка дороги и проведения имитационных экспериментов требуется его разбить на элементарные участки.

Такую разбивку удобно выполнять следующим образом. Выбирается один из влияющих факторов. На исследуемом участке дороги отмечаются поперечные сечения, где изменяются значения данного фактора. В результате исследуемый участок дороги разбивается на подучастки, в каждом из которых значение данного фактора остается неизменным. Затем эта же процедура последовательно проводится для каждого из остальных влияющих факторов. Пересечение полученных таким образом подучастков и составляет набор элементарных участков исследуемого участка дороги.

Нумерация участков идет от начала исследуемого участка дороги до его конца.

7.1.2.2 При необходимости, например для фиксации начала или конца километрового участка, один и тот же элементарный участок можно разбить на два или более участков.

7.1.2.3 Пример формы задания разбиения исследуемого участка автомобильной дороги на элементарные участки приведен в таблице 2. В случае когда участок дороги прямолинейный, в графе «Радиус в плане» следует записать «99999».

Т а б л и ц а 2 – Пример формы задания разбиения исследуемого участка автомобильной дороги на элементарные участки

№ п/п	Длина, м	Радиус в плане, м	Продольный уклон, ‰	Ширина полосы движения, м	Ширина обочины, м	Ровность, см/км	Коэффициент сцепления	Видимость, м	Направление движения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	200	800	0	3,75	1,5	160	0,45	1000	Прямо

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	200	99999	0	3,75	1,5	120	0,45	1000	Прямо
3	100	99999	30	3,75	1,5	120	0,45	1000	Прямо
4	120	400	30	3,75	1,5	150	0,45	1000	Прямо
5	50	99999	50	3,75	1,5	150	0,45	1000	Прямо
6	140	99999	40	3,75	1,5	140	0,42	1000	Прямо
1	140	99999	–40	3,75	1,5	140	0,42	1000	Обратно
2	50	99999	–50	3,75	1,5	150	0,42	1000	Обратно
3	120	400	–30	3,75	1,5	150	0,45	1000	Обратно
4	100	99999	–30	3,75	1,5	120	0,45	1000	Обратно
5	200	99999	0	3,75	1,5	120	0,45	1000	Обратно
6	200	800	0	3,75	1,5	160	0,45	1000	Обратно

7.2 Форма задания исходной информации о характеристиках транспортного потока

К исходной информации о характеристиках транспортного потока относятся:

- интенсивность движения в физических единицах;
- состав движения в соответствии с подразделом 5.1;
- коэффициенты приведения к легковому автомобилю, которые рекомендуется задавать согласно данным таблицы 1; предусмотрено задание любых других значений коэффициентов приведения через интерфейс Программы.

Программа предусматривает ввод исходных данных в диалоговом режиме через ее интерфейс или экспортированием через заранее подготовленный файл формата Excel (приложение А).

8 Процедура расчета пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог

8.1 Процедура расчета пропускной способности и уровней загрузки перегонов автомобильных дорог состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Разбивка исследуемого участка на элементарные участки (см. пункт 7.1.2).

Шаг 2. Подготовка исходной информации по каждому элементарному участку (см. таблицу 2).

Шаг 3. Подготовка исходной информации о характеристиках транспортного потока (см. подраздел 7.2).

Шаг 4. Ввод исходной информации, полученной на предыдущих шагах, в компьютер с использованием интерфейса (см. приложение А).

Шаг 5. Перед запуском Программы необходимо определиться с формой выходной информации. Для этого в меню «Отчет» требуется отметить конкретную форму выходной информации (см. раздел А.3 приложения А).

Шаг 6. Запуск Программы нажатием кнопки «Расчет показателей».

8.2. Исходную информацию можно вводить в автоматическом режиме через меню «Файл» – «Загрузить данные», предварительно оформив ее в виде файла формата Excel (приложение Б).

9 Выходная информация

Программа выдает выходную информацию (отчет) в виде: краткого и подробного отчетов.

Краткий отчет содержит основную выходную информацию об исследуемом участке дороги в целом (см. рисунок А.6 приложения А).

Подробный отчет содержит как входную, так и выходную информацию о каждом элементарном участке исследуемого перегона (см. рисунок А.7 приложения А).

Приложение А

Описание интерфейса Программы и работы с ним (инструкция пользователя)

А.1 Для определения пропускной способности перегонов автомобильных дорог и уровня загрузки разработана Программа, включающая дружественный интерфейс.

Программа создана в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 6.0 на объектно-ориентированном языке программирования C++.

Требования к оборудованию для полноценного функционирования Программы:

- тип процессора: Pentium III или выше;
- быстродействие: минимум 600 МГц (рекомендуется 1 ГГц и выше);
- оперативная память: минимум 512 Мб.

А.2 Ввод исходной информации осуществляется следующим образом.

При запуске Программы появляется основное окно интерфейса (рисунок А.1). Ниже приводится последовательное описание его составляющих.

• Ввод исходной информации о характеристиках исследуемого участка дороги осуществляется с основного окна «Значения дорожных факторов по каждому элементарному участку» Программы. На рисунке А.2 приведен пример ввода исходной информации об участке, состоящем из пяти элементарных участков в прямом и обратном направлениях.

• Ввод информации о направлении и количестве полос движения в каждом направлении осуществляется с окна «Направление и количество движения» (рисунок А.3).

• Ввод информации о транспортных потоках выполняется с окна «Характеристики транспортного потока» (рисунок А.4).

• Ввод информации о коэффициентах приведения различных типов автомобилей к легковому автомобилю осуществляется с окна «Коэффициенты приведения». На рисунке А.5 даны рекомендуемые значения коэффициентов приведения, которые по умолчанию автоматически используются в расчетах.

А.3 Получение выходной информации осуществляется через кнопку меню «Отчет» и в зависимости от пожеланий пользователя может формироваться в виде: краткого или подробного отчетов.

Пример краткого отчета представлен на рисунке А.6 и включает:

- пропускную способность в физических единицах (авт./ч);
- пропускную способность в приведенных единицах (прив. ед./ч);
- характеристики узкого места;
- уровень загрузки.

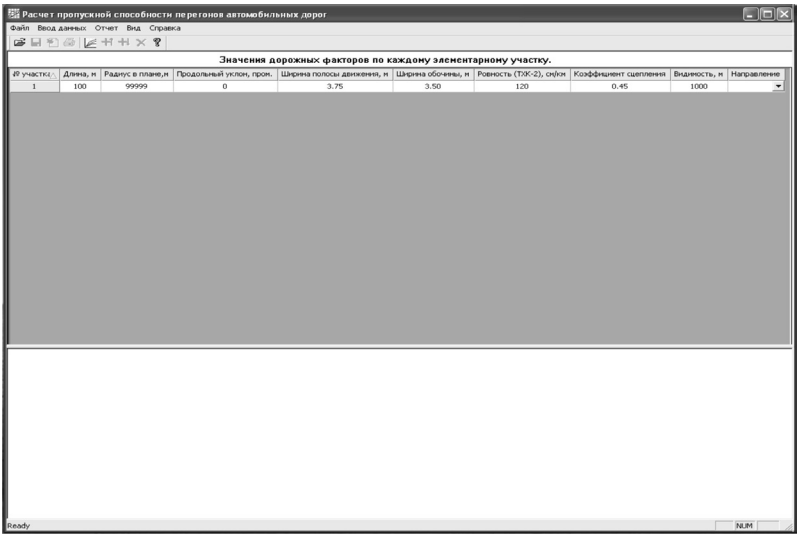


Рисунок А.1 – Основное окно интерфейса Программы

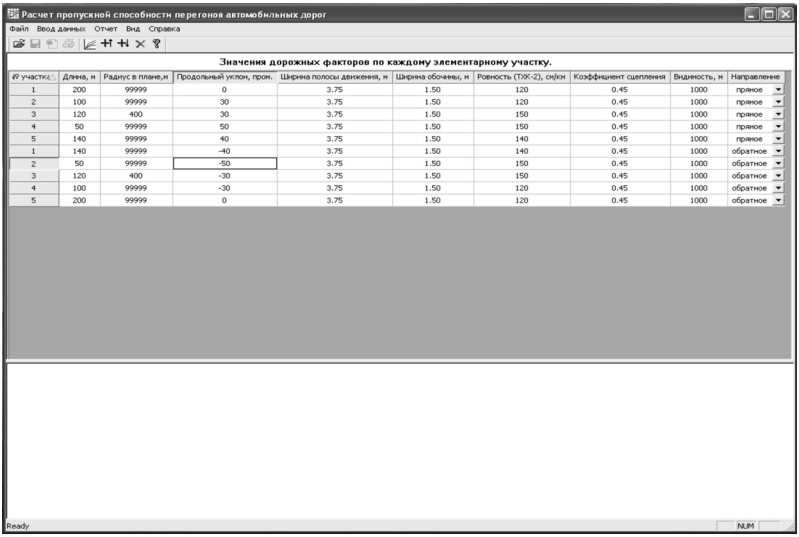


Рисунок А.2 – Пример ввода исходной информации
о характеристиках исследуемого участка дороги

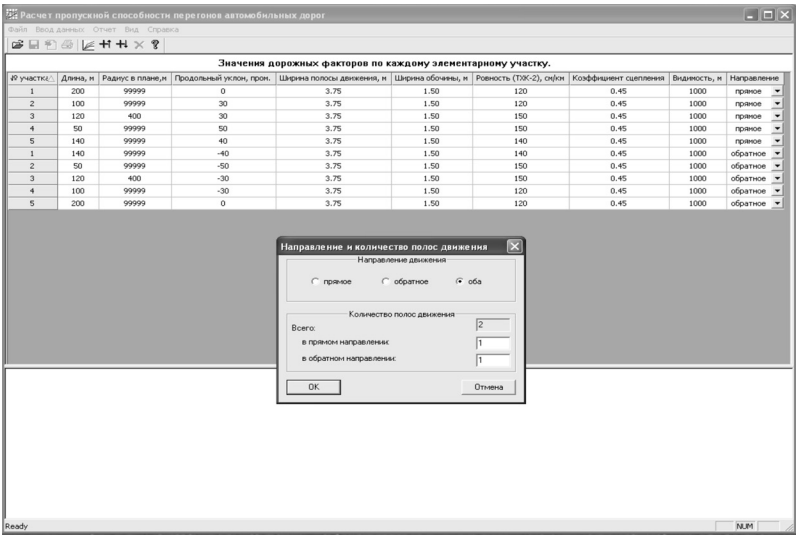


Рисунок А.3 – Пример ввода исходной информации
о направлении и количестве полос движения

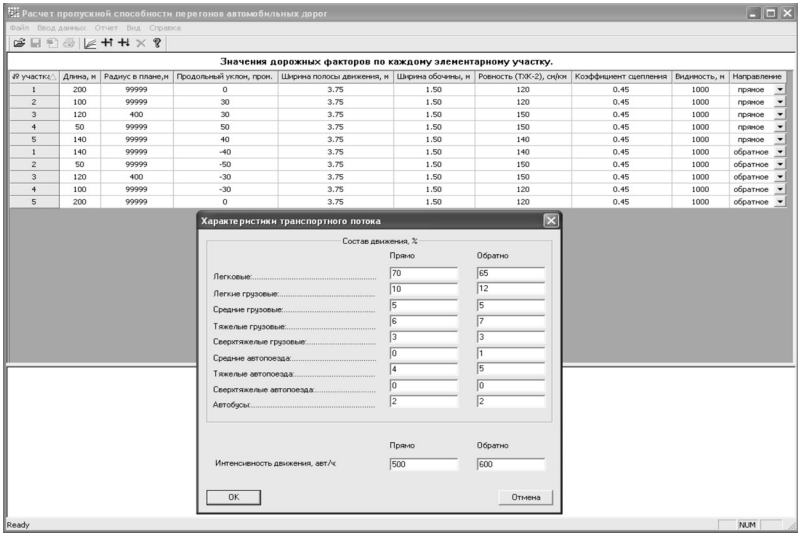


Рисунок А.4 – Пример ввода исходной информации
о характеристиках транспортного потока

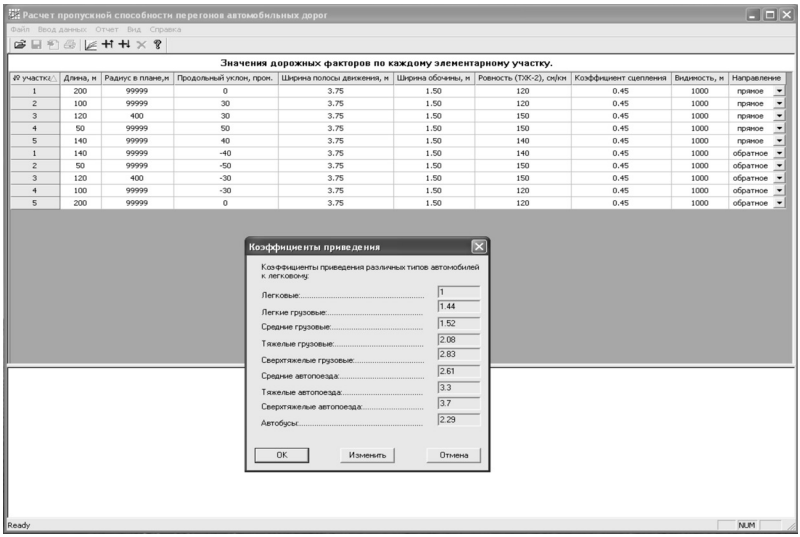


Рисунок А.5 – Пример ввода исходной информации о коэффициентах приведения

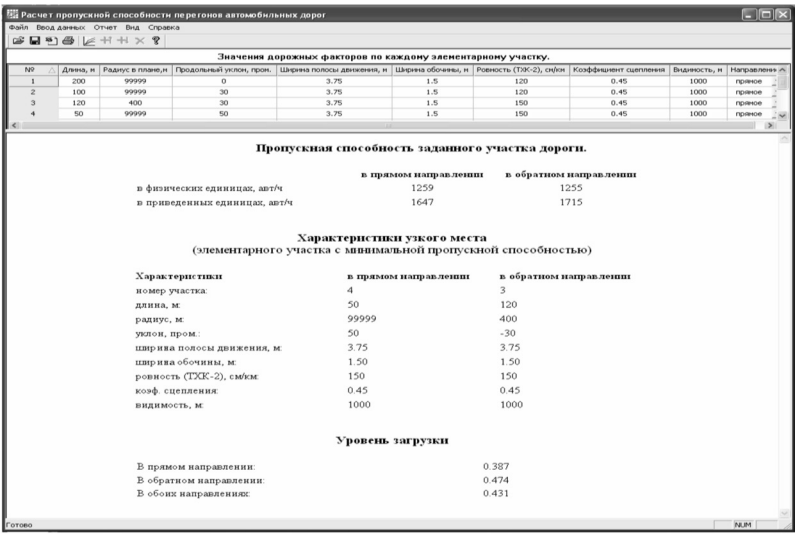


Рисунок А.6 – Пример краткого отчета

Уровень загрузки i-го элементарного участка дороги z_i вычисляется по формуле

$$z_i = \frac{N_i}{P_i}, \qquad (A.1)$$

где N_i – интенсивность движения на i-м элементарном участке;

P_i – пропускная способность i-го элементарного участка.

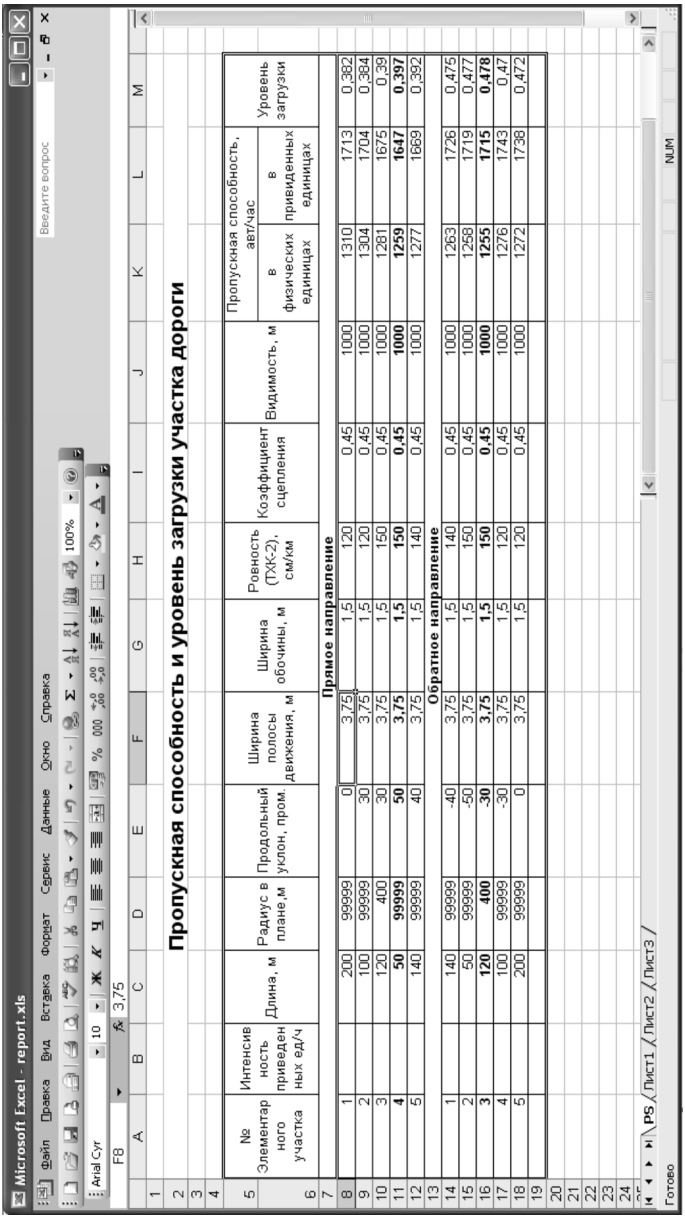
Уровень загрузки z исследуемого участка дороги, состоящего из нескольких элементарных участков, вычисляется по формуле

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{n} z_i \cdot \ell_i}{\sum_{i=1}^{n} \ell_i}, \qquad (A.2)$$

где n – количество элементарных участков на исследуемом участке перегона;

ℓ_i – длина i-го элементарного участка дороги.

Подробный отчет формируется в файле формата Excel и содержит подробную входную и выходную информацию о всех элементарных участках исследуемого перегона. Пример содержания такого файла приведен на рисунке А.7.



Пропускная способность и уровень загрузки участка дороги

№ Элементарного участка	Интенсивность приведенных ед/ч	Длина, м	Радиус в плане,м	Продольный уклон, пром	Ширина полосы движения, м	Ширина обочины, м	Ровность (ТАК-2), см/км	Коэффициент сцепления	Видимость, м	Пропускная способность, авт/час		Уровень загрузки
										в физических единицах	в приведенных единицах	
Прямое направление												
1		200	99999	0	3,75	1,5	120	0,45	1000	1310	1713	0,382
2		100	99999	30	3,75	1,5	120	0,45	1000	1304	1704	0,384
3		120	400	30	3,75	1,5	150	0,45	1000	1281	1675	0,39
4		**50**	**99999**	**50**	**3,75**	**1,5**	**150**	**0,45**	**1000**	**1259**	**1647**	**0,397**
5		140	99999	40	3,75	1,5	140	0,45	1000	1277	1669	0,392
Обратное направление												
1		140	99999	-40	3,75	1,5	140	0,45	1000	1263	1726	0,475
2		50	99999	-50	3,75	1,5	150	0,45	1000	1258	1719	0,477
3		**120**	**400**	**-30**	**3,75**	**1,5**	**150**	**0,45**	**1000**	**1255**	**1715**	**0,478**
4		100	99999	-30	3,75	1,5	120	0,45	1000	1276	1743	0,47
5		200	99999	0	3,75	1,5	120	0,45	1000	1272	1738	0,472

Рисунок А.7 – Пример подробного отчета

Приложение Б

Формат исходной информации, вводимой в автоматическом режиме

Microsoft Excel - DataArea1.xls

№	Длина	Радиус в плане	Продольный уклон	Ширина полосы движ.	Ширина обочины	Ровность (по ТХК-2)	Коэфф. сцепления	Видимость	Направление движения
	м	м	пром	м	м	см/км		м	
1	200	800	0	3,75	1,50	160	0,45	1000	прямое
2	200	99999	0	3,75	1,50	120	0,45	1000	прямое
3	100	99999	30	3,75	1,50	120	0,45	1000	прямое
4	120	400	30	3,75	1,50	150	0,45	1000	прямое
5	50	99999	50	3,75	1,50	150	0,42	1000	прямое
6	140	99999	40	3,75	1,50	140	0,42	1000	прямое
1	140	99999	-40	3,75	1,50	140	0,42	1000	обратное
2	50	99999	-50	3,75	1,50	150	0,42	1000	обратное
3	120	400	-30	3,75	1,50	150	0,45	1000	обратное
4	100	99999	-30	3,75	1,50	120	0,45	1000	обратное
5	200	99999	0	3,75	1,50	120	0,45	1000	обратное
6	200	800	0	3,75	1,50	160	0,45	1000	обратное

Рисунок Б.1 – Исходная информация, вводимая в автоматическом режиме

Библиография

[1] ОДМ 218.2.020–2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог

ОКС 93.080.20
Ключевые слова: автомобильная дорога, перегон участка дороги, пропускная способность перегона, уровень загрузки участка дороги, система «водитель – автомобиль – дорога – окружающая среда» (система ВАДС), дорожное движение, компьютерное моделирование дорожного движения

Руководитель организации-разработчика
ООО «ИНЭМДорТранс»

Генеральный директор _____ В.М. Ерёмин

Редактор *В.М. Сафронова*
Корректор *О.П. Вьюнова*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мурохина*
Компьютерная графика *Т.Б. Рябинкина*

Подписано в печать 08.02.2018 г. Формат бумаги 60x84 1/16.
Уч.-изд.л. 1,4. Печ. л. 1,6. Тираж 300.

Адрес ФГБУ «ИНФОРМАВТОДОР»:
129085, г. Москва, Звёздный бульвар, д. 21, стр. 1
Тел.: +7 (495) 747-91-00, 747-91-05
E-mail: sif@infad.ru
Сайт: информавтодор.рф