

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПУНКТАХ УЧЕТА ДВИЖЕНИЯ.**



В Российской Федерации среднегодовую суточную интенсивность движения определяют в соответствии с рекомендациями ВСН 42-87 Минтрансстроя СССР («Инструкция по проведению экономических изысканий для проектирования автомобильных дорог»), по отраслевым дорожным методическим документом «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» и в соответствии с ОДМ 218.2.032-2013 «Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах».

На эксплуатирующихся дорогах часовая интенсивность определяется непосредственными наблюдениями или по результатам автоматического учета движения. Интенсивность движения изменяется в течение суток, по дням недели, по месяцам. Каждое из этих изменений учитывается соответствующим коэффициентом неравномерности движения, определяемым как отношение часового объема движения к суточному (K_t), суточного объема к объему за неделю (K_n), месячного объема движения к годовому (K_g) (1).

$$N_{сут} = \frac{4N_{ч}}{K_t \cdot K_n \cdot K_g \cdot 365} \quad \text{авт/сут} \quad (1)$$

де, $N_{сут}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут;

$N_{ч}$ – часовая интенсивность движения, авт/сут;

K_t , K_n , K_g – коэффициенты неравномерности интенсивности движения, соответственно по часам суток, дням недели, месяцам года (определяются в соответствии с таблицами) как ориентировочно средние и могут уточняться на основе данных учёта движения.

При определении интенсивности движения транспортный поток разделяют по типам автомобилей на легковые, грузовые и автобусы. Грузовые автомобили по грузоподъёмности разделяют на автомобили с грузоподъёмностью:

до 2 тонн;

от 2 до 5 тонн;

от 5 до 8 тонн;

от 8 до 12 тонн;

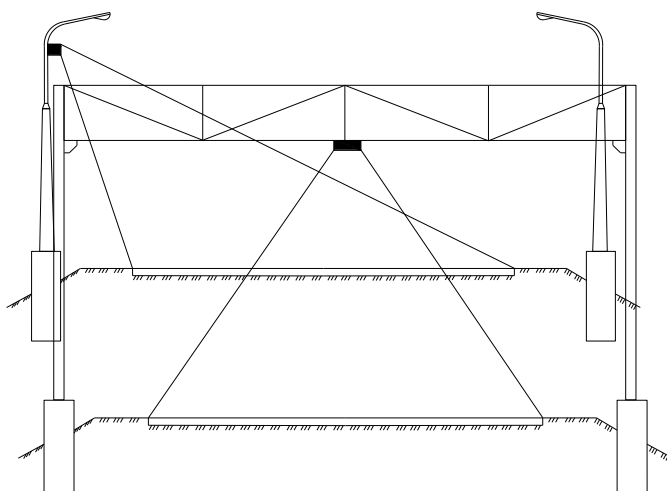
свыше 12 тонн.

К сожалению, установить достаточно точные единые зависимости изменения интенсивности и состава движения транспортного потока в течение года невозможно, так как каждая автомобильная дорога имеет свои особенности формирования транспортного потока. Поэтому основой для практического определения характеристик транспортного потока для оценки остаточного ресурса дорожных конструкций являются материалы мониторинга.

В настоящее время в РФ автоматизированная система учёта движения включает 500 пунктов (в том числе и на дорогах ГК «Автодор») и представляет собой систему сбора, обработки, передачи и хранения информации о размерах движения транспортных потоков на автомобильных дорогах федерального значения.

Пункты учёта интенсивности и состава движения оборудуются техническими средствами, принцип действия которых основан на различных методах детектирования типов автотранспортных средств. В настоящее время пункты автоматизированного учёта на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения оборудованы техническими средствами, основанными на радиолокационном (рисунок 1), электромагнитном (рисунок 2) и др. принципах детектирования автотранспортных средств (таблица 1)

а)



б)

Рисунок 1 - Схема расположения радиолокационных, ультразвуковых и видеодетекторов: а) на мачте освещения; б) на п-образной опоре

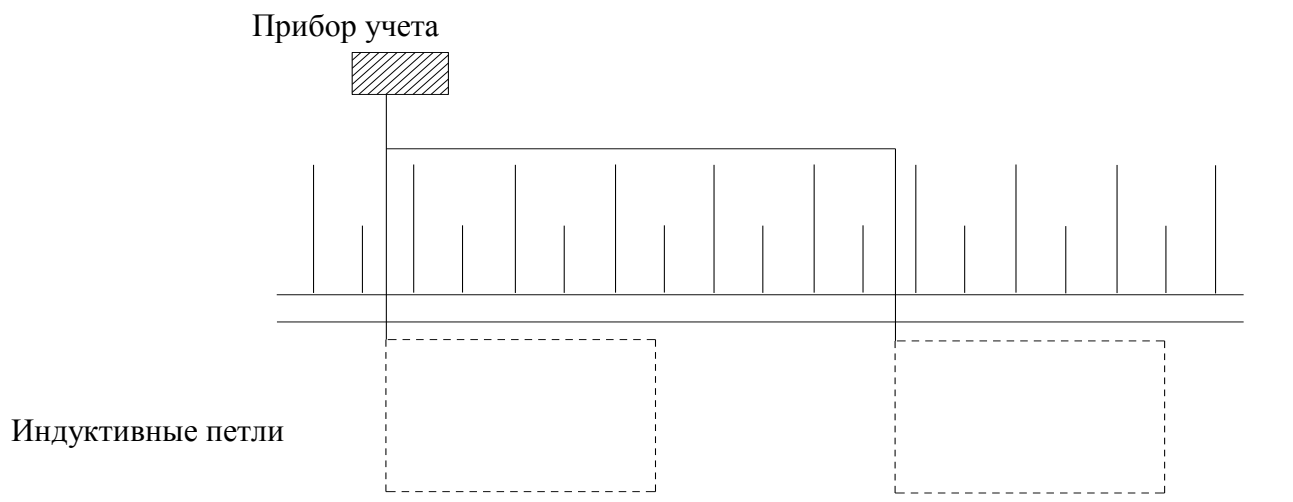


Рисунок 2 - Схема расположения магнитно-индуктивного детектора на участке полосы автомобильной дороги

Таблица 1 - Приборы учета интенсивности движения

	Датчики (детекторы)	Основной принцип действия
1	Магнитно-индуктивные детекторы (петлевые)	Основаны на измерении изменения параметров элетромагнитных колебаний, генерируемых в индуктивных детекторах, расположенных в покрытие автомобильной дороги.
2	Радиолокационные (СВЧ) детекторы	Основаны на эффекте Доплера и состоят из излучателя и приемника высокочастотного излучения в диапазоне дециметровых $2,5 \cdot 10^9$ Гц и сантиметровых $9,5 \cdot 10^9$ Гц волн. Параметры отраженного от покрытия дороги сигнала, улавливаемые приемником, изменяются при проезде транспортного средства в зоне действия детектора. Чувствительны к изменению погодноклиматических условий.
3	Ультразвуковые детекторы	Основаны на эффекте Доплера и состоят из излучателя и приемника ультразвукового излучения в диапазоне $(2-3) \cdot 10^4$ Гц. Ультразвуковые детекторы являются всепогодными.

4	Инфракрасные детекторы	
	Активные	Основаны на регистрации изменения интенсивности инфракрасного излучения, возникающего при движении транспортного средства, и состоят из излучателя с частотой $(2-3) \cdot 10^{12}$ Гц и приемника излучения.
	Пассивные	Детекторы не имеют излучателя и реагируют на появление транспортного средства.
5	Магнитные детекторы	Основаны на воздействии магнитного поля Земли и реагируют на его изменение при проезде транспортного средства. Делятся на активные (магнитометры) и пассивные (феррозонды).
6	Видеодетекторы	Основаны на фиксации видеоизображения транспортного средства и последующего преобразования его в электрический сигнал, анализируемый с помощью специального программного обеспечения.

Автотранспортные средства, регистрируемые с помощью электромагнитных приборов, с петлевыми датчиками подразделяются на 9 групп:

- легковые автомобили;
- автобусы;
- легкие грузовые автомобили грузоподъемностью до 2,0 т;
- средние грузовые автомобили 2,1 – 5,0 т;
- тяжелые грузовые автомобили 5,1 – 8,0 т;
- очень тяжёлые грузовые автомобили свыше 8,0 т;
- тяжёлые грузовые автопоезда до 8,0 т
- очень тяжёлые грузовые автопоезда свыше 8,0 т;
- неопознанные автотранспортные средства.

К неопознанным автотранспортным средствам относятся, мотоциклы, трактора, автотранспортные средства с числом осей 5 и более, спецтранспорт и т. п. Таким образом, доля неопознанных транспортных средств в общем потоке автомобилей может быть значительна. Например, на автомобильной дороге М-1 «Беларусь» количество неопознанных транспортных средств превышает 30%. (рисунок 1). То есть фактически пропадает информация более чем о 30% транспортного потока.

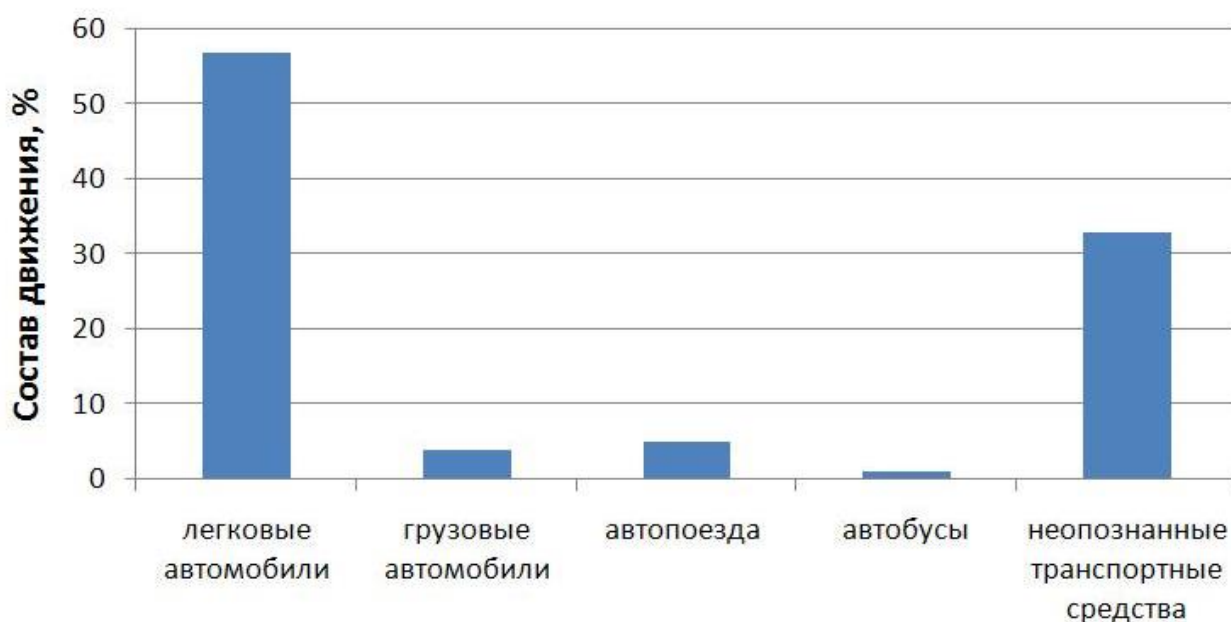


Рисунок 1- Состав движения на автомобильной дороге М-1 «Беларусь», км 116.

Транспортный поток различается на всём протяжении автомобильной дороги и может иметь существенные различия. На рисунках 2, 3 приведён состав транспортного потока на автомобильной дороге М-4 «Дон» на 242 км и 492 км. Интенсивность движения также различна на протяжении автомобильной дороги.

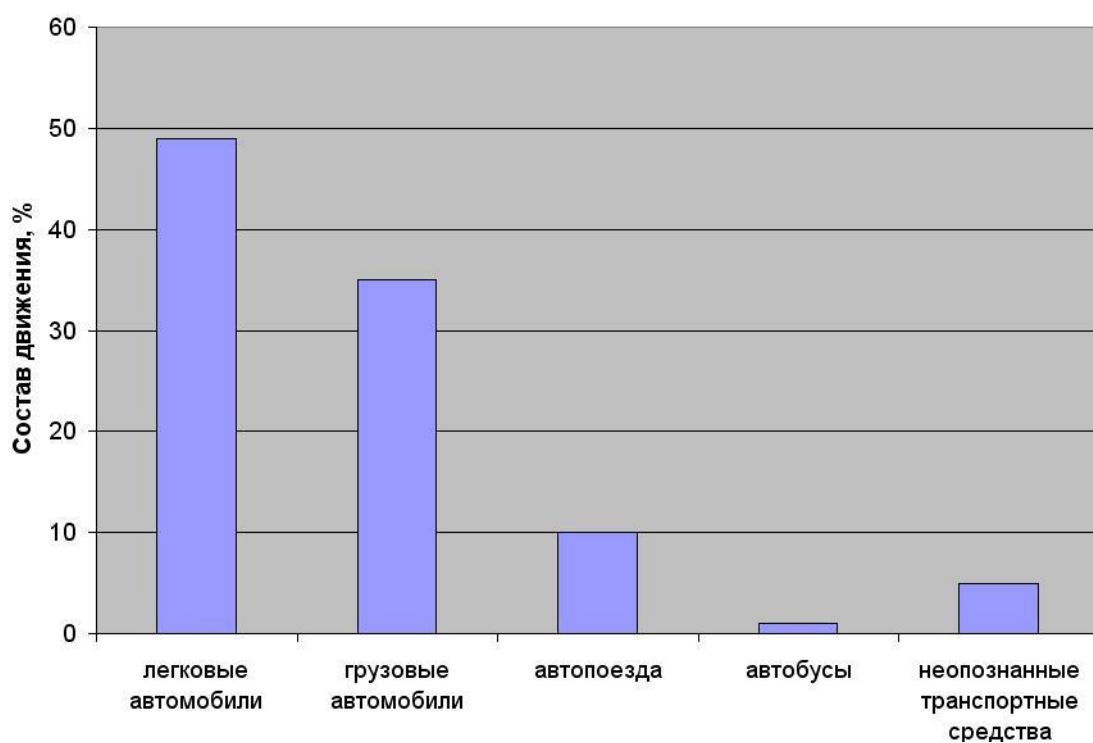


Рисунок 2 -

Состав движения на автомобильной дороге М-4 «Дон», км 242

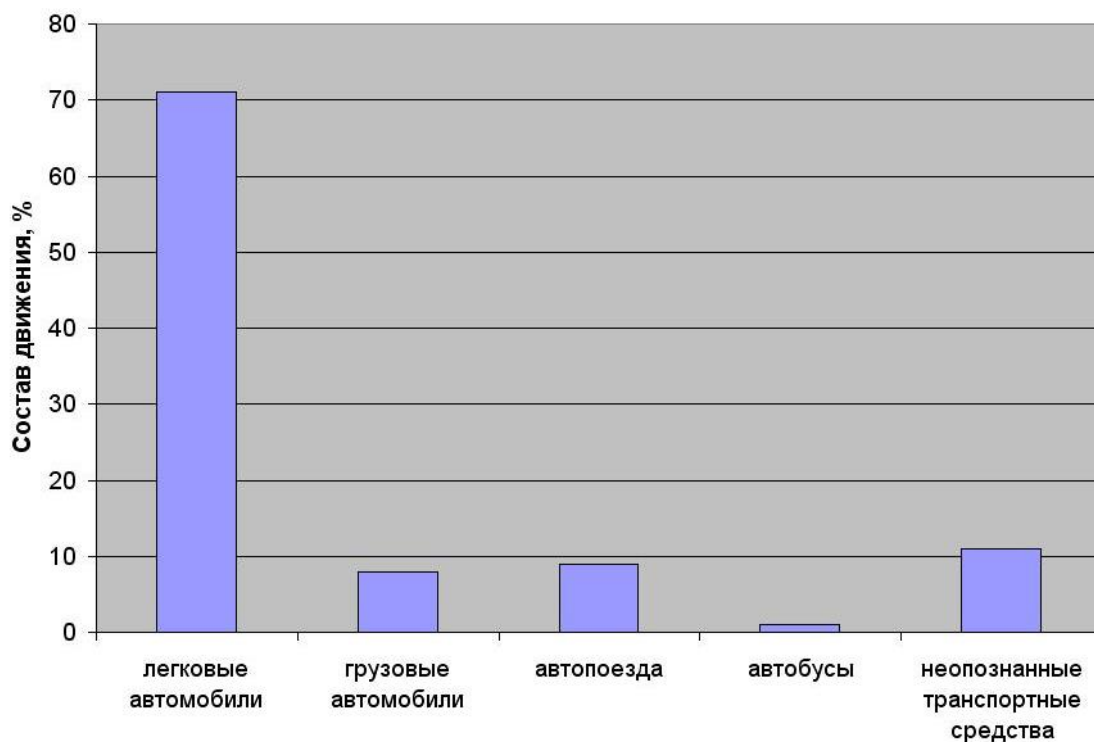


Рисунок 3 - Состав движения на автомобильной дороге М-4 «Дон», км 492

На рисунке 4 приведена среднегодовая суточная интенсивность движения на различных участках автомобильной дороге М-4 «Дон».



Рисунок 4 - Среднегодовая суточная интенсивность движения на автомобильной дороге М-4 «Дон»

Начиная с 2008 года на постах автоматизированной системы учета движения стали появляться датчики, которые наряду с вышеприведённой классификацией могут классифицировать проходящий транспорт по 6 типам:

- легковые;
- автобусы;
- грузовые и автопоезда до 5 т;
- грузовые и автопоезда 5 – 12 т;
- грузовые и автопоезда 12-20 т,
- грузовые и автопоезда свыше 20 т.

Данная классификация наиболее приемлема для анализа состава движения транспортного потока, так как она позволяет учесть большегрузные транспортные средства, оказывающие наибольшее разрушающее воздействие на дорожные конструкции. Однако следует отметить, что большинство средств учета интенсивности движения определяют длину транспортных средств с последующим переопределением к классу автомобилей по грузоподъемности (таблица 2).

Таблица 2 – Суточная интенсивность движения и состав транспортного потока на автомобильной дороге М-4 «Дон» км1504+650

Дата	Общая интенсивность автомобилей	Легковые (до 4.5 м)	Легковые большие (4-6 м)	Малые груз. (6-9 м)	Грузовые (9-13 м)	Груз. большие (13-22 м)	Автопоезда (22-30 м)
М-4 "Дон" Москва - Видное - Богородицк - Ефремов - Елец - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар - Новороссийск							
км1504+650 а/д М4 "Дон"							
2012-02-17	6534	3771	1722	721	147	103	70
2012-02-18	6020	3440	1402	859	157	102	60
2012-02-19	2398	1098	700	432	76	47	45
2012-02-20	5043	2863	1274	648	120	94	44
2012-02-21	12087	7298	2803	1328	294	236	128
2012-02-22	15039	8493	3975	1787	323	318	143
2012-02-23	11718	7110	2486	1439	377	201	105
2012-02-24	10002	5520	2666	1195	297	202	122
2012-02-25	8121	4760	1976	950	197	152	86
2012-02-26	7281	4618	1603	807	127	74	52
2012-02-27	11083	6056	3031	1416	298	187	95
2012-02-28	8523	4749	2211	1077	246	166	74
2012-02-29	10598	5780	2753	1478	266	191	130
2012-03-01	13187	7728	3198	1532	337	258	134
2012-03-02	13549	7779	3433	1662	326	210	139
2012-03-03	10540	6218	2411	1400	234	165	112

На постах автоматизированной системы учета движения невозможно получить данные о количестве осей многоосных транспортных средств, о загруженности каждой из осей, которые являются одними из основных параметров при определении воздействия транспортных средств на

дорожную одежду. Выход из сложившейся ситуации видится в использовании данных, полученных с постов весового контроля или их зарубежных аналогов, таких как системы WIM.

Вес-в-движении (Weigh-in-Motion (WIM)) - устройства предназначены для определения и записи осевых и полных нагрузок транспортных средств. В отличие от ранее использовавшихся статических весовых станций, WIM системы не требуют остановки грузовых автомобилей, что делает их работу гораздо эффективнее.

Информация, получаемая с постов оборудованных системами WIM, довольно информативна. На рисунке 5 приведено распределение полной нагрузки для пятиосного транспортного средства (в соответствии с классификацией FHWA 9 тип транспортного средства). На рисунке 6 представлена визуализация данных о транспортных средствах, идущих с перегрузом.

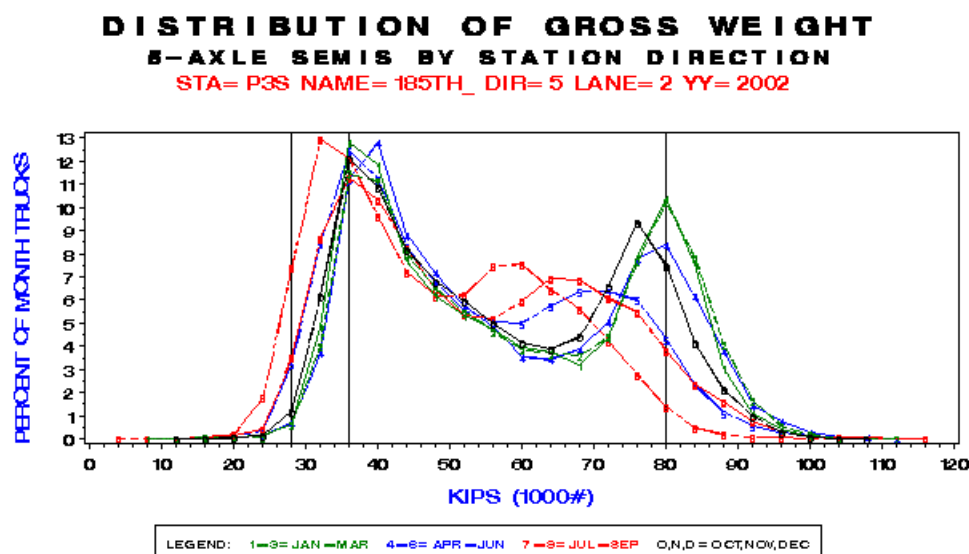


Рисунок 5- Распределение полной нагрузки пятиосного транспортного средства, полученный с помощью систем WIM

Detail	Sensor	Time	Pictogram	Total weight	LP image	v	l	h	m ₁ l ₁₂	m ₂ l ₂₃	m ₃ l ₃₄	m ₄ l ₄₅	m ₅ l ₅₆	m ₆ l ₆₇	m ₇ l ₇₈	m ₈ l ₈₉	Vehicle type Classification category
✓	ST-CE-W1	2012-03-13 09:06:24		56078		58	12.50	9.93	7131 3.20	8899 1.34	8689 2.57	10323 1.41	10831 1.41	10789			truck with tripple axle trailer 11
✓	ST-CE-W1	2012-03-13 16:05:14		54030		70	14.30	11.69	6298 1.07	6954 2.36	11557 1.37	12497 4.77	8404 1.30	8528			lorry with double axle trailer 13
✓	ST-CE-W1	2012-03-07 20:14:22		54030		53	10.50	5.33	13893 1.64	13325 2.05	12768 1.64	11448					lorry 4
✓	ST-CE-W1	2012-03-07 11:23:40		58959		56	14.60	12.02	4568 1.70	5097 2.60	11911 1.40	13420 5.03	6941 1.29	7253			lorry with double axle trailer 13
✓	ST-CE-W1	2012-03-05 08:24:18		50088		61	14.50	12.19	8552 3.49	10231 1.37	10158 3.90	8983 3.43	11145				lorry with double axle trailer 8
✓	ST-CE-W1	2012-03-13 06:28:44		58188		79	13.80	12.18	8371 3.49	10431 1.37	10616 3.90	8780 3.42	8954				lorry with double axle trailer 6
✓	ST-CE-W1	2012-03-14 14:45:54		52110		56	15.40	12.99	7290 3.10	10556 1.35	10321 3.09	7830 3.33	8153 1.32	7960			lorry with tripple axle trailer 6
✓	ST-CE-W1	2012-03-19 08:20:09		50959		14	11.60	8.84	6847 3.57	13326 2.47	10276 1.41	10266 1.39	10143				truck with tripple axle trailer 9
✓	ST-CE-W1	2012-03-15 17:20:32		50772		65	12.20	8.68	9863 2.02	8546 3.86	11173 1.35	10053 1.45	10337				truck with tripple axle trailer 9

Рисунок 6 - Визуализация данных с сервера при помощи web-интерфейса.

Преимущества и недостатки станций WIM.

Преимущества WIM:

- скорость обработки по сравнению со станциями статического взвешивания;
- безопасность;
- непрерывность обработки данных;
- увеличение объема охвата транспортного потока;
- низкая стоимость эксплуатации;
- непрерывный контроль за допустимыми нагрузками;
- возможность статистической обработки данных.

Недостатки WIM:

- станции WIM дают менее точную информацию о нагрузках по сравнению со станциями статического взвешивания. Погрешность в измерениях может составлять от 6 до 15 %.
- снижение информативности о грузовом транспортном потоке. На станциях WIM невозможно получить такую информацию, как тип топлива, государство регистрации, год модели транспортного средства, происхождение и назначение груза;

- WIM системы чувствительны к электромагнитным помехам вызванными ударами молнии в непосредственной близости от оборудования.

В настоящее время широко используются WIM со следующим типом датчиков :

Пьезоэлектрическая система (рисунок 7). Наиболее распространенный тип устройства WIM. Датчик встроен в асфальтобетонном покрытии и производит сбор эквивалентной деформации, вызванными нагрузками от шин на поверхности покрытия. Она состоит двух индуктивных датчиков и двух пьезоэлектрических датчиков. Правильно установленная и откалиброванная Пьезоэлектрическая WIM система может регистрировать полный вес автомобиля с погрешностью 15 % для 95 % грузового транспортного потока.

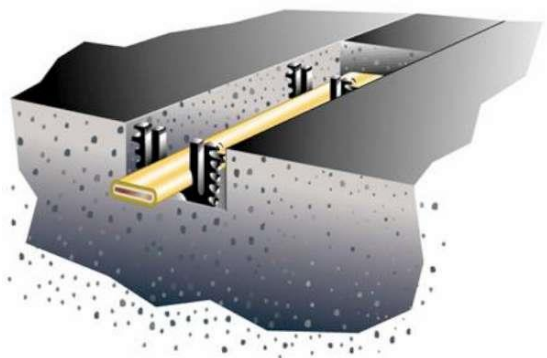


Рисунок 7 - Пьезоэлектрическая система WIM

Система «Изгиб пластины» (рисунок 8). Система состоит из двух стальных платформ размером 0,6 x 2 м расположенных на расстоянии друг от друга 3,65 м. Пластины соединены с тензодатчиками, которые измеряют деформацию пластины для определения нагрузки от шины. Правильно установленная и откалиброванная Система «Изгиб пластины» может регистрировать полный вес автомобиля с погрешностью 10 % для 95 % грузового транспортного потока.



Рисунок 8 - Система WIM -«Изгиб пластины»

Отдельно загружаемый элемент (рисунок 9). Это устройство состоит из двух платформ, размером 3 х 3 м, расположенных на расстоянии друг от друга 3,65 м. Один гидравлический датчик нагрузки установлен в центре каждой из платформ для измерения нагрузка на шину. Единую гидравлическую нагрузку ячейке установлен в центре каждой платформы для измерения нагрузка шины индуцированных силы, которые затем трансформируются в шинах нагрузок. Правильно установленная и откалиброванная система может регистрировать полный вес автомобиля с погрешностью 10 % для 95 % грузового транспортного потока.



Рисунок 9 - Система WIM с отдельно загружаемым элементом

Помимо этого, существуют еще несколько разновидностей WIM-систем: бар датчиков, таких как пьезокерамика, емкостные или датчики кварца, емкостные коврики, и системы WIM на существующих мостах.



Рисунок 10- Система WIM с кварцевыми датчиками

WIM-системы также подразделяются на постоянные (датчики и системы сбора данных собирают данные в том же месте), полупостоянные (датчики, встроенные в дорожное покрытие, а система сбора данных перемещается с места

на место), а также портативные (датчики и оборудование перемещаются с места на место).

На сегодняшний день существует около 1000 рабочих WIM станций по всему миру, из которых около 450 в Соединенных Штатах, 300 в Европе и 150 в Австралия. Они также используются в Южной Африке, Южной Корее, Израиле и в некоторых других странах.

На дорогах ГК «Автодор» в ближайшее время запланирована установка около 10 систем «Вес-в-движении».

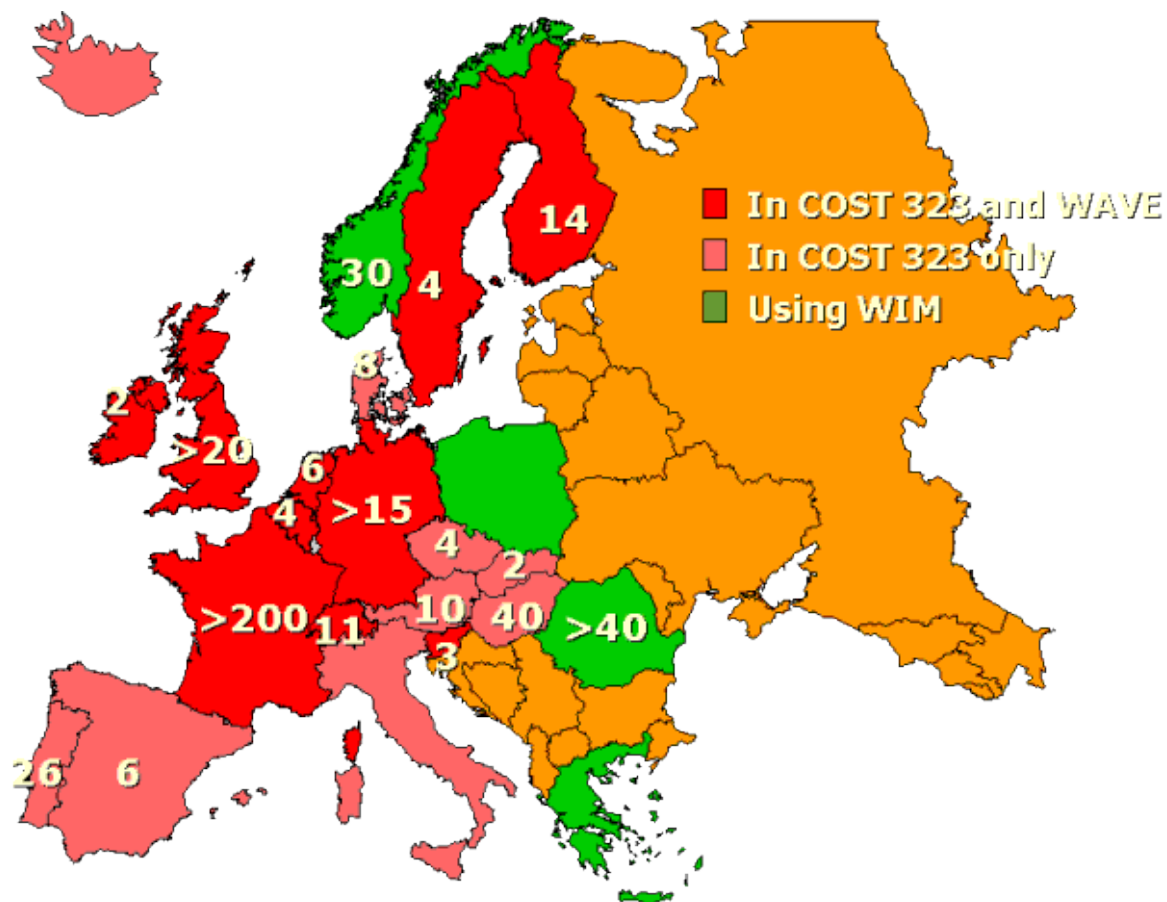


Рисунок 11 – Количество систем WIM в европейских странах



Рисунок 12– Сеть систем WIM в США

В нашей стране аналогом систем WIM являются посты весового контроля разработанные в Научно-исследовательской и производственно-внедренческой фирме "ТЕНЗОР".

Посты предназначены для точного и оперативного взвешивания автотранспорта, видеорегистрации автотранспорта и перевозимого груза.

В систему постов весового контроля входят (рисунок 13):

- грузоприемный модуль с тензометрическими датчиками силы и тензоусилителем, блоком аналого-цифрового преобразования сигнала;
- цветная видеокамера с видеоусилителем, цифровым устройством обработки видеосигнала; кабель связи;
- устройство противообледенения (для холодных климатических зон);
- измерительно-вычислительный комплекс на базе IBM-совместимого персонального компьютера с печатающим устройством и блоком бесперебойного питания.



Рисунок 13 - Система постов весового контроля

Системы весового контроля имеет следующие технические характеристики (таблица 3).

Таблица 3- Технические характеристики системы весового контроля

Наибольшая допускаемая нагрузка, т	30
Наибольший предел взвешивания, т	20
Наименьший предел взвешивания, т	0,2
Диапазон измерения скорости автомобиля, км/час	от 1 до 60
Диапазон измерения межосевых расстояний, м	от 0,5 до 12
ПРЕДЕЛЫ ДОПУСКАЕМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ:	
нагрузки на ось в статике, %	0,2
массы автомобиля в статике, %	1
нагрузки на ось в движении при скорости:	
от 1 до 5 км/час, %	1
от 1 до 20 км/час, %	4
свыше 20 км/час, %	10
массы автомобиля в движении при скорости:	
от 1 до 5 км/час, %	2
от 1 до 20 км/час, %	4
свыше 20 км/час, %	10
скорости автомобиля, %	10
межосевых расстояний, %	10
РАЗМЕРЫ ГРУЗОПРИЕМНОГО МОДУЛЯ, мм:	
длина	4930

ширина	1650
высота	390
Масса грузоприемного модуля, кг	не более 3100
Диапазон рабочих температур, град. С	от -40 до +60
Климатические условия	не ограничены



Рисунок 14 – Сеть пунктов весового контроля в России

Данные, получаемые на постах весового контроля, сопоставимы с данными, получаемые на зарубежных аналогах (системах WIM)(рисунок 15,16).

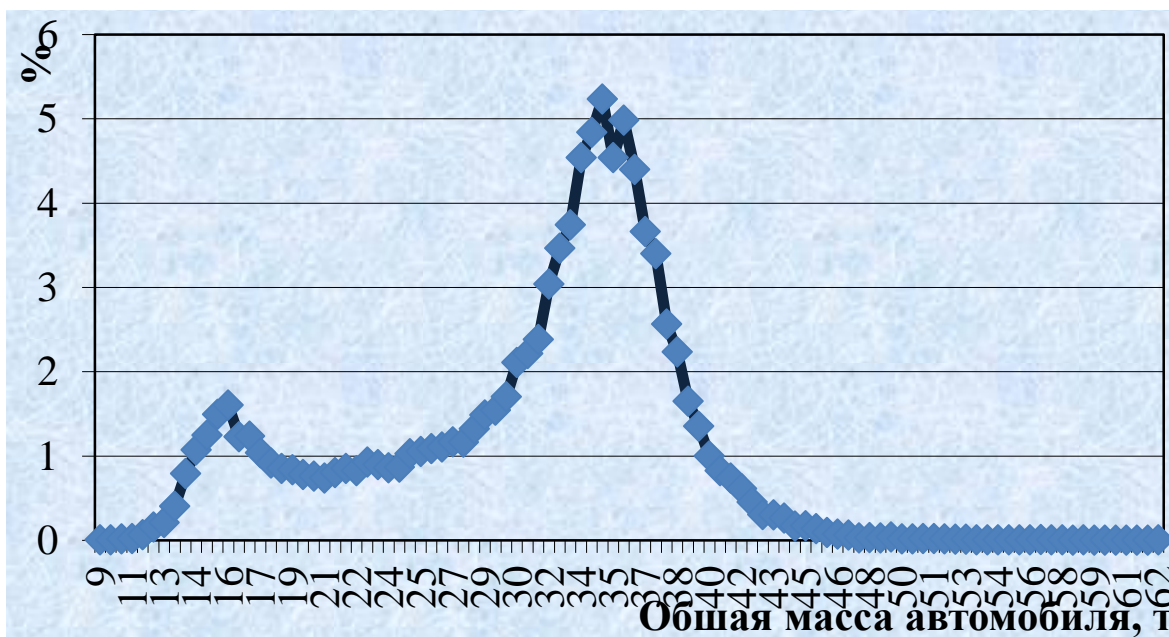


Рисунок 15 – Распределение общей массы трехосного тягача с двухосным полуприцепом

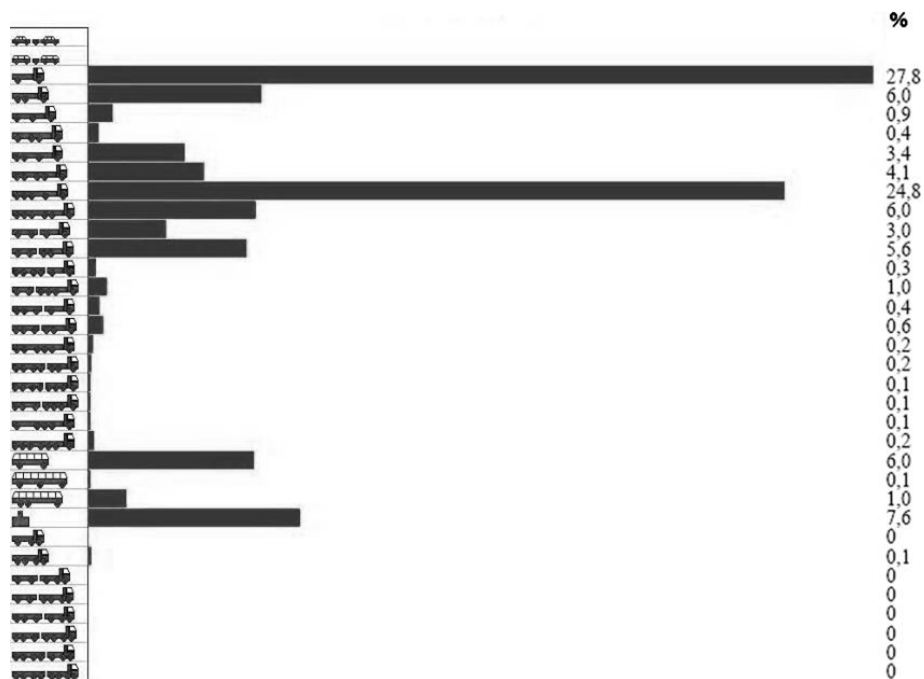


Рисунок 16 – Состав потока грузовых автомобилей на участке автомобильной дороги М4 «Дон» км 1103

К сожалению, в нашей стране информация, получаемая на постах, используется для ограничения и контроля осевых и полных нагрузок, и не попадает в другие статистические и проектные организации, как это принято в зарубежных странах.

Еще одна возможность получения информации о транспортном потоке - это данные с пунктов взимания платы за проезд по автомобильным дорогам Государственной компании «Российские автомобильные дороги»



Рисунок 17 - Пункт взимания платы за проезд по автомобильным дорогам Государственной компании «Российские автомобильные дороги»

Классификация транспортных средств для взимания платы за проезд по автомобильным дорогам Государственной компании «Российские автомобильные дороги»

- Легковые транспортные средства:

Автомобили (в том числе с прицепом до 2м), многоцелевые транспортные средства, мотоциклы.

- Среднегабаритные транспортные средства:

Автомобили (в том числе с прицепом выше 2м), фургоны на легковых шасси, пикапы и минифургоны.

- Автомобили для перевозки тяжёлых грузов и автобусы:

Грузовые автомобили, автобусы и туристические междугородные автобусы.

- Автомобили для перевозки тяжёлых грузов и автобусы:

Грузовые автомобили, автобусы, туристические междугородные автобусы и транспортные средства 2 класса с прицепом выше 2.6м.