

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НОРМИРОВАНИЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ДОРОЖНЫМ ОДЕЖДАМ АПВГК

Канд. техн. наук **Н.Н. Беляев**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Конт. информация: BelyaevNN@rosdornii.ru

В статье рассмотрены перспективы создания в Российской Федерации сети автоматических пунктов весогабаритного контроля (АПВГК) и особенности конструкции весоизмерительных датчиков для взвешивания транспортных средств в движении (WIM-системы). Проанализированы некоторые возможные пути нормирования специальных эксплуатационных требований к дорожным одеждам в зоне АПВГК (продольная и поперечная ровность) с целью обеспечения требуемой точности взвешивания движущихся транспортных средств (ТС).

Ключевые слова: *автоматический пункт весогабаритного контроля (АПВГК), WIM-системы, точность взвешивания, дорожная одежда, продольная ровность, поперечная ровность (колеиность).*

Трудно переоценить тот вред, который наносится сети автомобильных дорог при движении по ней тяжеловесных транспортных средств (ТС), перегруженных сверх нормы. Некоторое представление об этом дают результаты исследований по влиянию перегрузки на усталостное растрескивание дорожного асфальтобетонного покрытия, выполненных учеными из Бразилии. Ими оценивалась величина растрескивания дорожного покрытия под воздействием реального транспортного потока. При этом было определено, что наличие в грузовом транспортном потоке до 14 % ТС, имеющих превышение разрешенных весовых параметров на величину до 24 %, сокращает срок службы дорожного покрытия по критерию усталостной трещиностойкости от 10,2 % до 23,0 % [1].

Одним из наиболее эффективных способов борьбы с перегрузом является контроль весовых параметров ТС. Эталонными условиями определения весовых параметров транспортного средства является взвешивание его в статике. Однако этот способ является трудоемким и существенно нарушает режим грузоперевозок. Поэтому общемировым трендом является взвешивание транспортных средств в движении (англ. Weigh-in-Motion (WIM)). Эта задача решается на специальных автоматических пунктах весогабаритного контроля транспортных средств (далее – АПВГК), имеющих функции фото- и видеосъемки, работающих

в автоматическом режиме и обеспечивающих контроль за параметрами транспортных средств без снижения скорости их движения.

Основу WIM-систем составляют весоизмерительные датчики, размещаемые непосредственно в дорожном покрытии поперек полосы движения. Высокоскоростные (взвешивание на скорости до 150 км/ч) линейные весовые датчики HS-WIM основаны на различных высокотехнологичных приборах и материалах, таких как пьезокристаллы, тензодатчики и оптические решетки. Однако близость технических требований и пределы технических возможностей измерительных средств привели к практической идентичности систем разных производителей станций WIM. Схематично весоприемное устройство (весоизмерительный датчик), применяемое в станциях WIM, и способ его установки в дорожное покрытие показаны на **рис. 1** на примере пьезокварцевых WIM-весов Lineas® фирмы Kistler.

Весоприемный датчик размещается в специально устроенной штрабе в дорожном покрытии. Размер штрабы зависит от габаритных размеров корпуса датчика и обычно составляет 50-70 мм по глубине, 70-100 мм по ширине и 500-2000 мм по длине штрабы [2-4]. Одной из конструктивных особенностей весоизмерительной WIM-системы является защитный полимерный слой (компаунд) на верхней поверхности корпуса датчика, контактирующей с колесом автомобиля. Этот слой защищает металлический (обычно из алюминиевого сплава) корпус датчика от механического воздействия колеса, прежде всего от износа. Толщина защитного слоя для разных систем может изменяться от 7 мм до максимум 10 мм.

Федеральным проектом «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» Национального проекта «Безопасные качественные автомобильные дороги» планируется до конца 2024 г. установить 387 автоматизированных пунктов весогабаритного контроля на федеральных автомобильных дорогах и 366 – на автомобильных дорогах регионального, межмуниципального и местного значения в 75 субъектах Российской Федерации [5]. С некоторой степенью условности можно принять, что плотность размещения АПВГК на сети федеральных автомобильных дорог составит в среднем 1 АПВГК на 125-150 км, а на сети региональных и межмуниципальных дорог – 1 АПВГК на 750-900 км. Следует отметить успешное продвижение данной программы. В настоящее время построено уже больше половины таких АПВГК.

Для сравнения на автомобильных дорогах Франции действует около 30 АПВГК, Германии – 40, Венгрии – почти 110. Точные данные по Китаю не опубликованы. Но, судя по числу установленных весоизмерительных датчиков (более 3000), Китай сегодня занимает одно из

лидирующих мест по количеству АПВГК, разделяя это лидерство с США (несколько сот АПВГК).

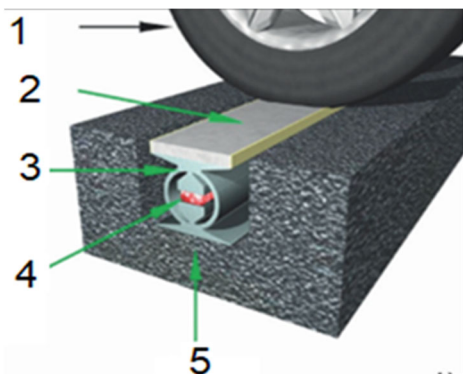


Рис. 1. Конструкция весоизмерительного датчика и схема установки его в дорожное покрытие:

1 – колесо; 2 – защитный компаунд; 3 – алюминиевый корпус датчика; 4 – пьезокварцевые диски; 5 – дорожное покрытие

По имеющимся статистическим данным, на каждом АПВГК обычно контролируется 2-4 полосы движения (в сумме для обоих направлений) и на каждой полосе может устанавливаться от одного до нескольких весоизмерительных датчиков. Датчики своим действием должны охватывать всю ширину каждой полосы движения и краевых полос, поэтому их число зависит от длины корпуса датчика, которая у WIM-систем разных модификаций может значительно отличаться.

Величина точности взвешивания в типичных зарубежных требованиях к высокоскоростным WIM-системам составляет от $\pm 5\%$ до $\pm 15\%$ для общего веса ТС, и от $\pm 10\%$ до $\pm 20\%$ для нагрузок на ось [6, 7]. Требования к точности зависят от цели применения результатов взвешивания. Так, если по результатам взвешивания назначаются штрафные санкции (прямое правоприменение результатов взвешивания), то требования к точности измерения весовых параметров WIM-системами ужесточаются.

Например, для целей прямого правоприменения в РФ можно было бы рекомендовать точность взвешивания ТС в движении, в период эксплуатации WIM-системы, в пределах $\pm 5-5,5\%$ для общего веса ТС, и в пределах $\pm 10-11\%$ для нагрузок на ось. Причем на момент запуска WIM-системы в эксплуатацию соответствующие допустимые погрешности взвешивания должны быть уменьшены в 2 раза [9].

При этом эксплуатационное состояние участков автомобильных дорог, на которых располагаются автоматические пункты весогабаритного контроля, может существенно влиять на результаты измерения весовых характеристик движущегося транспортного средства и приводить к значительным различиям в результатах измерений осевых нагрузок ТС в движении и в статике. Например, ухудшение ровности приводит к увеличению ошибки взвешивания ТС в движении. Поэтому для обеспечения необходимого уровня точности результатов взвешивания необходимо нормировать эксплуатационные требования к дорожной одежде в местах установки автоматических пунктов весогабаритного контроля. Такие требования, как правило, должны быть более жесткие, чем требования к обычным автомобильным дорогам.

Прежде всего, это относится к таким показателям эксплуатационных свойств автомобильных дорог, как продольная и поперечная ровность (колейность) дорожного покрытия. Другой важный показатель эксплуатационных свойств – коэффициент сцепления колеса с покрытием, не оказывает столь существенного влияния на точность работы WIM-систем и не требует специального нормирования на АПВГК по сравнению с общетехническими требованиями, обеспечивающими безопасность дорожного движения. Диапазоны возможного изменения требований к эксплуатационным показателям на АПВГК, согласно зарубежным данным [6, 7], приведены в **табл. 1**.

Таблица 1

Требуемые значения к эксплуатационным показателям дорожной одежды на АПВГК по зарубежным данным

<i>Параметр</i>	<i>Определяющий параметр и размерность</i>	<i>Требуемое значение</i>
<i>Колея</i>	Максимальная допустимая глубина, мм	Изменяется в пределах от 3 до 10 мм
<i>Ровность</i>	Максимальное допустимое значение международного индекса ровности, IRI, м/км	Изменяется в пределах от 1,3 до 4,0 м/км

В Российской Федерации на сегодняшний день отсутствуют специальные требования к эксплуатационным показателям дорожных покрытий для АПВГК. На практике в зоне АПВГК применяются общетехнические требования к продольной ровности и колеености, действующие на автомобильных дорогах общего пользования. За исключением одного специального требования, в соответствии с которым разница в высоте (порог) между корпусом весоизмерительного датчика и поверхностью дорожного покрытия, примыкающего к датчику, не должна превышать 3 мм [8]. В случае невыполнения этого условия не обеспечивается необходимая точность взвешивания. Данному требованию соответствует норма вновь принятого ГОСТ Р 59120-2020 [9] для величины вертикального смещения смежных плит бетонных покрытий на дорогах I–III категории – не более 3 мм. Но эта норма действует только на этапе приемки вновь построенного покрытия в эксплуатацию, а в процессе эксплуатации автомобильной дороги может происходить увеличение вертикального смещения плит. Тем более что на дорогах IV категории допускается, при приемке в эксплуатацию, величина вертикального смещения до 5 мм. Поэтому для эксплуатируемых дорожных покрытий на АПВГК требование ГОСТ 33242-2015 [8] сохраняет свою актуальность для всех категорий автомобильных дорог.

Общетехнические требования к автомобильным дорогам общего пользования в Российской Федерации для сравнения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Требуемые значения к эксплуатационным показателям капитальной дорожной одежды на автомобильных дорогах общего пользования в Российской Федерации [9, 10]

<i>Параметр</i>	<i>Категории дорог</i>				
	<i>IA, IB</i>	<i>IB</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>Допустимая глубина колеи, мм</i>	≤20	≤20	≤25	≤30	≤30
<i>Международный индекс ровности, IRI, м/км</i>	≤4	≤4,5	≤4,5	≤5,0	≤6,0

Таким образом, специальные, по сравнению с общетехническими, эксплуатационные требования к дорожным покрытиям на АПВГК обусловлены исключительно необходимостью обеспечить требуемую точность взвешивания. Опыт эксплуатации весоизмерительных WIM-систем в разных странах показывает, что эти требования отличаются от общих требований, действующих на автомобильных дорогах в сторону большего ужесточения. Особенно наглядно неприемлемость для АПВГК, действующих в Российской Федерации общетехнических требований к продольной ровности и колеености, видна из сопоставления данных **табл. 1** и **2**. Так, по допустимой глубине колеи различие достигает до 10 раз, а по показателю продольной ровности – до 4,5 раз.

Следовательно, для российских АПВГК должны быть установлены специальные эксплуатационные требования к продольной и поперечной ровности дорожных покрытий, отличающиеся от действующих общетехнических. При этом не представляется возможным напрямую принять их по аналогии с имеющимися зарубежными нормами. Во-первых, сами эти зарубежные требования к колеености и ровности на АПВГК тоже неоднозначны (**табл. 1**). В различных странах и на разных категориях АПВГК они могут отличаться почти в 3 раза.

Кроме того, большую проблему представляет использование зарубежного опыта для нормирования допустимой глубины колеи на АПВГК. Это связано с тем, что в отношении этого показателя, кроме вопросов обеспечения точности взвешивания и обеспечения безопасности дорожного движения, в Российской Федерации особую актуальность приобретает вопрос обеспечения экономического срока службы дорожного покрытия на АПВГК. Технологической особенностью автомобильных дорог Российской Федерации, что связано с ее природно-климатическими условиями, является применение зимой шипованных шин. Как следствие, за счет дополнительного образования колеи износа, интенсивность колееобразования на российских дорогах существенно выше, чем на дорогах большинства зарубежных стран. Поэтому принятие допустимой глубины колеи, например, на имеющемся зарубежном уровне всего в 3 мм может привести к тому, что предельная допустимая глубина колеи будет достигаться очень быстро (иногда – в течение одного года). В результате потребуется частая замена не только дорожного покрытия, но и дорогостоящего весоизмерительного датчика, что может сделать эксплуатацию АПВГК в условиях Российской Федерации экономически неоправданной.

В соответствии с изложенным выше рассмотрим возможные требования к продольной ровности в зоне АПВГК.

Движение ТС неизбежно сопровождается колебаниями колес и кузова автомобиля. Основной вклад в образование погрешности *П*

измерения веса движущегося транспортного средства будут вносить колебания более массивного кузова в соответствии с зависимостью:

$$П = \pm 100 \cdot \Delta G / G ,$$

где

G – расчетная нагрузка на одно колесо автомобиля;
 ΔG – усилие, с которым колеблющаяся масса кузова автомобиля, приходящаяся на одно колесо, будет дополнительно нагружать (или разгружать) весоизмерительный датчик в зависимости от амплитуды колебаний A .

Ухудшение параметров продольной ровности дорожного покрытия приводит к усилению колебаний. По имеющимся данным [10], амплитуда вынужденных колебаний кузова ТС в 1,5 раза превышает амплитуду возмущающего воздействия, например высоты (+ h) или глубины (- h) неровности на дорожном покрытии. То есть амплитуду колебаний кузова автомобиля A можно выразить в виде $A = 1,5 \cdot |h|$. С другой стороны, величина амплитуды вынужденных колебаний кузова автомобиля связана зависимостью $A = \Delta G / C$ с такими параметрами, как жесткость подвески грузового автомобиля в расчете на одно колесо C и возмущающее усилие ΔG , также приходящееся на одно колесо.

Таким образом, погрешность взвешивания $П$ (%) движущегося ТС в зависимости от неровности дорожного покрытия h и известных, по справочным данным, значений C и G может быть оценена по формуле:

$$П = \pm 100 \cdot 1,5 \cdot |h| \cdot C / G . \quad (1)$$

Однако для целей нормирования требований к продольной ровности дорожных покрытий в дорожном хозяйстве Российской Федерации применяется не высота неровности, а такой интегральный показатель, как международный индекс ровности (неровности) IRI (International Roughness Index, м/км). С некоторым упрощением он может быть представлен как сумма неровностей профиля дорожного покрытия, отнесенная к длине участка дороги. Для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий характерна длина периодических неровностей от 5 до 20 м и более, с наиболее часто встречающимся значением, близким к 10 м [11]. Поэтому примем в качестве упрощенной геометрической модели продольного профиля дорожного покрытия периодически повторяющиеся неровности с шагом 10 м и высотой/глубиной $|h|$.

Используя принятую расчетную модель дорожной неровности по формуле (1) (с учетом известных справочных значений C и G), можно

сделать оценку величины ошибки измерения веса ТС в зависимости от ровности дорожного покрытия, выраженной IRI. Результаты расчетов представлены в **табл. 3**.

Таблица 3

Оценка погрешности взвешивания ТС в зависимости от ровности дорожного покрытия в зоне АПВГК

<i>№ n/n</i>	<i> h , м</i>	<i>C, кН/м</i>	<i>G, кН</i>	<i>IRI, м/км</i>	<i>Погрешность П, %</i>
<i>1</i>	0,01	100	57,5	1,0	±3,9
<i>2</i>	0,02	100	57,5	2,0	±5,2
<i>3</i>	0,03	100	57,5	3,0	±7,8
<i>4</i>	0,04	100	57,5	4,0	±10,4
<i>5</i>	0,05	100	57,5	5,0	±13,0
<i>6</i>	0,06	100	57,5	6,0	±15,7

Математическая обработка рядов «IRI (м/км)» и «П (%)» в программе Excel позволила получить корреляционное уравнение вида:

$$|П| = 0,125 \cdot IRI^2 + 1,554 \cdot IRI + 2,0 \text{ при } R^2 = 0,997 . \quad (2)$$

Уравнение (2) справедливо при значениях IRI от 1 м/км до 6 м/км и значениях П от ±3,9 % до ±15,7 %.

Из уравнения (2) следует, что точность взвешивания, например, $П \leq \pm 11\%$ будет обеспечена, если показатель ровности дорожного покрытия IRI будет не более 4,3 м/км. Поэтому при эксплуатации АПВГК на участке автомобильной дороги любой категории (кроме IA и IB, для которых должно быть сохранено действующее требование $IRI \leq 4$ м/км), показатель ровности IRI не должен при такой допустимой точности взвешивания превышать 4,3 м/км.

Это требование к продольной ровности более строгое, по сравнению с действующими российскими нормами (допустимое значение IRI – от 4,5 до 6,0 м/км для дорог категории IB, II, III и IV) [10], но оно вполне согласуется с опытом эксплуатации АПВГК за рубежом, где параметр

продольной ровности проезжей части в зоне контроля не должен превышать значений $IRI = 4$ м/км (табл. 1).

Указанное требование к ровности дорожного покрытия является терминальным IRI_t к концу срока службы t датчика и верхнего слоя дорожного покрытия. Нормативное значение показателя предельной начальной продольной ровности дорожных покрытий для зоны АПВГК IRI_0 на момент сдачи их в эксплуатацию может быть установлено с учетом требования ГОСТ 8.646-2015 [12] к точности взвешивания в ходе первичной поверки датчика до пуска АПВГК в эксплуатацию. Согласно Приложению Б ГОСТ 8.646-2015 [9], точность первичной поверки $P_{перв}$ должна быть в 2 раза выше допустимой точности периодической поверки, т.е. $P_{перв} = \pm 11 \% / 2 = \pm 5,5 \%$. На основании формулы (2), допустимое значение IRI_0 в этом случае не должно превышать 1,9 м/км. Действующие общетехнические российские нормы [9] продольной ровности для дорожного покрытия на момент сдачи его в эксплуатацию допускают более высокое значение IRI_0 даже для дорог самой высокой категории IA и IB – до 2,0 м/км. Для дорог более низких категорий (от IB до IV) этот показатель, на момент сдачи в эксплуатацию, не должен превышать 2,2-2,6 м/км [9]. Поэтому рекомендуется принимать значение $IRI_0 \leq 1,9$ м/км при любом дорожном покрытии на АПВГК, независимо от категории дороги. Это значение показателя продольной ровности также находится в диапазоне допустимых значений в соответствии с зарубежным опытом эксплуатации АПВГК (табл. 1).

Аналогичным образом может быть определено специальное требование к допустимой глубине колеи в зоне АПВГК. Корпуса всех типов линейных весовых датчиков, устанавливаемых в верхнем слое дорожного покрытия, построены по близкой архитектуре. Такой корпус представляет собой силовой металлический корпус, служащий для интегрирования сигнала от воздействия колеса на его поверхность, герметизации внутреннего объема и фиксации в поверхности дороги. Для предохранения металлического корпуса датчика от нежелательных механических воздействий, его верхняя рабочая поверхность покрыта защитным слоем из полимерного компаунда, износ которого происходит в процессе эксплуатации. В то же время износостойкость материала защитного слоя корпуса весоизмерительного датчика (полимербетон на основе эпоксидной смолы, кварцевого песка и модифицирующих добавок) превосходит износостойкость традиционных дорожно-строительных материалов. Кроме того, слой компаунда практически не накапливает пластических деформаций в отличие, например, от асфальтобетона. Поэтому по мере образования колеи в дорожном покрытии поперек колеи образуется неровность в виде вертикального порога, создаваемого корпусом датчика, возвышающимся над дном колеи.

При достижении предельной допустимой высоты порога 3 мм [12] защитный слой корпуса датчика дает возможность провести текущий ремонт и восстановить геометрию рабочей зоны, т.е. вывести поверхности датчика и дороги по полосе наката в одну плоскость за счет перешлифовки защитного слоя. Для сохранения работоспособности весоизмерительного датчика может быть выполнено не более двух перешлифовок при толщине защитного слоя 7 мм и не более трех перешлифовок при толщине защитного слоя 10 мм. Затем датчик может еще какое-то время эксплуатироваться до момента появления очередного порога высотой 3 мм над поверхностью дна колеи. Таким образом, при использовании весоизмерительных датчиков с толщиной защитного полимерного покрытия 7 мм, допустимая за период эксплуатации датчика накопленная глубина колеи на покрытии в зоне контроля АПВГК не может превышать величины: $2 \times 3 \text{ мм} + 3 \text{ мм} = 9 \text{ мм}$, а при толщине защитного слоя 10 мм – соответственно, 12 мм.

Впоследствии потребуется не только замена датчика, но и дорожного покрытия, поскольку возможность ремонта датчика с извлечением его из дороги и восстановлением защитного покрытия до начальных размеров не предусмотрены производителем. При отсутствии иных причин, именно эта величина глубины колеи, зависящая от толщины защитного слоя конкретного типа датчика, чаще всего и определяет общий срок службы датчика и дорожного покрытия.

Приложением В ГОСТ 8.646-2015 [12] допускается высота (глубина) неровностей за пределами подъездных путей к весоизмерительной платформе в пределах ± 6 мм. Очевидно, более значительные неровности (например, ямы, выбоины или трещины на дорожном покрытии) могут быть причиной возмущающего воздействия на движущееся ТС, которое приводит к значительным колебаниям автомобиля. Это, в свою очередь, создает дополнительную к измеряемому весу динамическую нагрузку (или разгрузку, в зависимости от направления вертикального колебания в момент проезда колеса через датчик) на весоизмерительный датчик со стороны колеса колеблющегося ТС. Как следствие, погрешность измерения может превысить допустимую величину.

Таким образом, необходимость взвешивания транспортных средств в движении и наличие в дорожном покрытии WIM-систем обуславливает повышенные эксплуатационные требования к дорожным одеждам в зоне АПВГК. При этом с учетом природно-климатических условий и особенностей эксплуатации дорог в Российской Федерации такие требования касаются следующего:

- 1) Рекомендуемая продольная ровность при сдаче в эксплуатацию АПВГК, независимо от категории дороги, может характеризоваться величиной $IRI < 1,9$ м/км.

- 2) Рекомендуемая продольная ровность в период эксплуатации АПВГК может характеризоваться для дорог категории IА и IБ величиной $IRI < 4,0$ м/км, а для дорог остальных категорий – $IRI < 4,3$ м/км.
- 3) Предельную допустимую глубину колеи в период эксплуатации АПВГК, независимо от категории дороги, рекомендуется принимать не более 9 мм (при толщине защитного слоя датчика 10 мм, рекомендуемая предельная глубина колеи не должна превышать 12 мм).
- 4) В пределах зоны АПВГК не допускается наличие таких дефектов, как ямы, выбоины и трещины.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bosso M. Impact of Overloaded Vehicles on Asphalt Pavement Fatigue Life / M. Bosso, R. Mota, K. Vasconcelos, L. Bernucci // Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-In-Motion / Prague, May 19-23. – 2019. – 10 P.*
2. *WIM (Weigh-In-Motion) Systems. – Электрон. данные. – URL: https://www.mt.com/int/ru/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/Terminals-and-Controllers/vehicle-scale-terminals/IND780/WIM-systems.html (дата обращения 17.06.2019).*
3. *WIM systems. – Электрон. Данные. – URL: <https://www.ird-inc.com/pcategory/wim-scales--sensors.html> (дата обращения 23.06.2019).*
4. *Fiber-optic technology – Электрон. данные. – URL: <http://www.opti-wim.com/> (дата обращения: 13.06.2019).*
5. *Кулижников А.М. Требования к конструкциям дорожных одежд на автоматических постах весогабаритного контроля / А.М. Кулижников, И.А. Рахимова, Н.К. Малевинский // Мир дорог, Специальный выпуск. – 2019. – С. 23- 26.*
6. *ASTM E1318 - 09(2017). Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods / ASTM International. – 2017. – 18 P.*
7. *COST 323, 2002. Weigh-in-Motion of Road Vehicles: Final Report of the COST 323 Action. Jacob, B., O. Brien, E.J., Jehaes, S. (Eds.), Paris: LCPC.*
8. *ГОСТ 33242-2015. Весы автоматические для взвешивания транспортных средств в движении и измерения нагрузок на оси. Метрологические и технические требования. Испытания. – М.: Стандартинформ, 2016. – 63 с.*

9. ГОСТ Р 59120-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2021. – 24 с.
10. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2017. – 31 с.
11. Челомей В.Н. Вибрация в технике: справочник в 6-ти томах / В.Н. Челомей // М.: Машиностроение. – 1978. – Т. 1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Болотина. – 1978. – 352 с.
12. ГОСТ 8.646-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Весы автоматические для взвешивания транспортных средств в движении и измерения нагрузок на оси. Методика проверки. – М.: Стандартинформ, 2019. – 24 с.

L I T E R A T U R A

1. Bosso M. *Impact of Overloaded Vehicles on Asphalt Pavement Fatigue Life* / M. Bosso, R. Mota, K. Vasconcelos, L. Bernucci // *Proceedings of the 8th International Conference on Weigh-In-Motion / Prague, May 19-23.* – 2019. – 10 P.
2. *WIM (Weigh-In-Motion) Systems.* – *Elektron. dannye.* – URL: https://www.mt.com/int/ru/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/Terminals-and-Controllers/vehicle-scale-terminals/IND780/WIM-systems.html (data obrashcheniya 17.06.2019).
3. *WIM systems.* – *Elektron. Dannye.* – URL: <https://www.ird-inc.com/pcategory/wim-scales--sensors.html> (data obrashcheniya 23.06.2019).
4. *Fiber-optic technology* – *Elektron. dannye.* – URL: <http://www.opti-wim.com/> (data obrashcheniya: 13.06.2019).
5. Kulizhnikov A.M. *Trebovaniya k konstrukciyam dorozhnyh odezhd na avtomaticheskikh postah vesogabaritnogo kontrolya* / A.M. Kulizhnikov, I.A. Rahimova, N.K. Malevinskij // *Mir dorog, Special'nyj vypusk.* – 2019. – S. 23- 26.
6. *ASTM E1318 - 09(2017). Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods / ASTM International.* – 2017. – 18 P.
7. *COST 323, 2002. Weigh-in-Motion of Road Vehicles: Final Report of the COST 323 Action.* Jacob, B., O. Brien, E.J., Jehaes, S. (Eds.), Paris: LCPC.
8. *GOST 33242-2015. Vesyy avtomaticheskie dlya vzveshivaniya transportnykh sredstv v dvizhenii i izmereniya nagruzok na osi.*

- Metrologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya. Ispytaniya. – M.: Standartinform, 2016. – 63 s.*
9. *GOST R 59120-2021. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Dorozhnaya odezhda. Obshchie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2021. – 24 s.*
 10. *GOST R 50597-2017. Dorogi avtomobil'nye i ulicy. Trebovaniya k ekspluatacionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Metody kontrolya. – M.: Standartinform, 2017. – 31 s.*
 11. *Chelomej V.N. Vibraciya v tekhnike: cpravochnik v 6-ti tomah / V.N. Chelomej // M.: Mashinostroenie. – 1978. – T. 1. Kolebaniya linejnyh sistem / Pod red. V.V. Bolotina. – 1978. – 352 s.*
 12. *GOST 8.646-2015. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmerenij. Vesyy avtomaticheskie dlya vzveshivaniya transportnyh sredstv v dvizhenii i izmereniya nagruzok na osi. Metodika proverki. – M.: Standartinform, 2019. – 24 s.*

.....

RECOMMENDATIONS ON REGULATING SPECIAL PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR ROAD PAVEMENTS AT AUTOMATIC POINTS OF WEIGHT-AND-DIMENSIONAL CONTROL

*Ph. D. (Tech.) N.N. Belyaev
(FAI «ROSDORNII»)*

Contact information: BelyaevNN@rosdornii.ru

The prospects for creating a network of automatic points of weight-and-dimensional control (APVGK) in the Russian Federation and design features of weight measuring sensors for weighing vehicles in motion (WIM-systems) are discussed in the article. Some possible ways of regulating performance requirements for road pavements in the APVGK zone (longitudinal and transverse evenness) with ensuring the required weighing accuracy of moving vehicles are analyzed.

Key words: *automatic point of weight-and-dimensional control (APVGK), WIM-systems, weighing accuracy, road pavement, longitudinal evenness, transverse evenness (rutting).*

Рецензент: д-р техн. наук, профессор А.М. Кулижников
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Статья поступила в редакцию: 22.03.2021 г.