

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАСЧЕТНЫХ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Д-р техн. наук, профессор **О.А. Красиков**,
академик ИТА **У.Ш. Касымов**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»),
канд. техн. наук, профессор **И.Н. Косенко**
(Казахская автомобильно-дорожная
академия (КазАДИ) им. Л.Б. Гончарова)
Контактная информация: krasikov@rosdornii.ru

На основе анализа влияния расчетных осевых нагрузок на автомобильные дороги с нежесткими дорожными одеждами установлено, что основной проблемой является перегруз транспортного средства, причем как грузового, так и легкового. При отсутствии перегруза осевые нагрузки на дорогу не превышают нормативных значений. В этом случае наиболее объективной характеристикой является удельное давление на дорожную одежду. Акцентируется внимание на то, что толщина слоя дорожной одежды и толщина одежды в целом (при одних и тех же дорожно-строительных материалах) отличаются по группам расчетных нагрузок исходя из соотношений расчетных диаметров следа колеса, а также на то, что для расчетной нагрузки 130 кН необходим индивидуальный подход по конструированию дорожной одежды.

Ключевые слова: нежесткие дорожные одежды, расчетные осевые нагрузки, перегруз транспортных средств, удельное давление, расчетный диаметр следа колеса, особенности конструирования дорожной одежды.

Дорога автомобильная должна соответствовать расчетным нагрузкам, на которые она запроектирована. Проблемой в настоящее время остается постоянное стремление автомобилистов увеличить осевые нагрузки и непригодность большей части дорог к этим возрастающим нагрузкам. Это происходит практически во всех странах, и во всех странах дорожники не успевают перестраивать и приспособливать сложившуюся сеть дорог к возрастающим нагрузкам.

Особенно в последние годы наблюдается быстрый рост не только интенсивности движения, но и рост числа тяжелых транспортных средств (ТС) и автопоездов со значительными осевыми нагрузками. Эксплуатационное состояние существующих дорог, запроектированных и построенных по действующим в свое время нормативным документам, под воздействием возросших нагрузок движения резко ухудшается. Ограниченные материальные и финансовые ресурсы, выделяемые на

ремонтные работы, не позволяют в короткий срок привести техническое состояние всей сети дорог в соответствие с требованиями возросших объемов движения. В таких условиях перед дорожно-эксплуатационной службой стоит задача сохранить существующую сеть дорог и обеспечить соответствие ее технического состояния требованиям возрастающего движения тяжелых ТС.

Из-за недостаточного финансирования усиление существующих дорожных одежд не всегда практически осуществимо. В этом случае экономически целесообразно организовать временное ограничение движения транспорта в период наибольшего ослабления прочности дорожной одежды, имеющего место в весенний период за счет переувлажнения земляного полотна. Но при острой необходимости и с учетом важности пропуска народнохозяйственных грузов в этот период движение тяжелого транспорта не ограничивают, за счет чего резко возникают деформации и разрушения дорожной одежды и потеря работоспособности дороги в целом.

Для восстановления дорожной одежды потребуются дополнительные средства, не предусмотренные нормативным финансированием. Указанные затраты, как компенсация за нанесенный ущерб дороге, возлагаются на организации – перевозчиков грузов в этот период. Оплата такими организациями транспортного налога не освобождает их от возмещения ущерба, наносимого большегрузными ТС, так как этот ущерб не предусмотрен налогообложением.

Ранее, еще в советское время, отмечалось, что в нашей стране имеются дороги, рассчитанные и построенные под осевую расчетную нагрузку 6 т на одиночную ось. В 1982 г. эту расчетную нагрузку поменили на 10 т. При этом на эксплуатируемых дорогах, не приспособленных к осевой нагрузке 10 т, вводили ограничение движения в расчетный (весенний) период (период наибольшего ослабления дорожной конструкции – 40-50 дней в году) или плату за нанесение ущерба от автомобилей с осевой нагрузкой более 6 т.

Затем было принято, что ущерб этими автомобилями наносится в течение всего года, хотя зимой прочность дорожной одежды возрастает в 3-4 раза и более, летом – в 2-3 раза.

Следует обратить внимание на действующие в настоящее время нормативы по расчету нежестких (асфальтобетонных) дорожных конструкций [1], а именно:

- 10 т на одиночную ось;
- 11 т на одиночную ось (согласно [2] – 11,5 т);
- 13 т на одиночную ось [3, 4] (в России не практикуется, максимум 11,5 т [2, 5, 6 и 7], хотя ранее было регламентировано в [1],

затем исключено в [7], но предусмотрено в п. 8.1.2 – что в случае, когда в составе движения проектируемой дороги предусматривается регулярное обращение автомобилей с осевой нагрузкой, превышающей нормативную более чем на 5 %, в количестве более 5 %, за расчетную осевую нагрузку допускается принимать максимальную нагрузку на наиболее нагруженную ось автомобиля); при расчетном удельном давлении 0,6 МПа (6 кг/см²).

Дорожные конструкции рассчитываются на указанные расчетные нагрузки, которые они должны выдерживать в расчетный период – весенний (когда прочность характеризуется самыми низкими значениями).

При этом необходимо напомнить о классическом положении ответственности любого изделия своему назначению и условиям его эксплуатации. Применительно к автомобильным дорогам это означает, что они должны обеспечивать надлежащую пропускную способность автомобилей при существующей интенсивности движения с заданными скоростями и расчетными нагрузками с обеспечением безопасности проезда. Если дорога этого не обеспечивает, то она не соответствует требованиям своего назначения.

Отсюда следует, что *дорогу надо приспособливать к существующим автомобильным нагрузкам, а не наоборот!*

Что касается устаревшей нормативной нагрузки на ось 6 т, то с 1983 г. (когда такая нагрузка уже не использовалась в расчетах [1, 3]) прошло 35 лет. Принимая во внимание, что существующие межремонтные сроки составляют 18-20 лет, эти дороги давно уже должны быть перестроены и усилены под расчетную нагрузку на одиночную ось как минимум 10 т.

Необходимо отметить, что в настоящее время в России дороги при проектировании рассчитываются на осевые нагрузки 10-11,5 т. В случае ТС с большими осевыми нагрузками для них справедливо (и даже необходимо) вводить ограничение движения или взимать плату за нанесенный ущерб, но только в расчетный (весенний) период при их наличии в транспортном потоке более 10 % (принятое в расчетах ограничение [1]). При этом ТС с осевой нагрузкой более 13 т и удельным давлением свыше расчетного не должны допускаться для проезда по дорогам общего пользования (это, как правило, карьерные автомобили).

Если проектным заданием расчетная нагрузка не оговорена специально, за расчетную принимают одну из указанных нагрузок (10, 11,5 т; в Казахстане – 13 т [4]), согласно сформулированному выше условию. Расчетная нагрузка величиной 13 т по казахстанскому документу [4] может и должна использоваться в расчетах, если наличие ТС с такой нагрузкой превышает 10 % в составе транспортного потока к кон-

цу межремонтного срока службы. Руководствуясь этим положением, в Казахстане для всех международных автомобильных дорог принята расчетная нагрузка 13 т, с учетом которой выполнена их реконструкция.

Кроме того, необходимо обратить внимание на европейскую практику взимания платы за проезд ТС с учетом перегруза свыше расчетной нагрузки как грузового, так и легкового ТС. Принятая система позволяет уменьшить вред, наносимый дорогам, а также повысить уровень безопасности движения.

Грузовое или легковое ТС с перегрузом представляет собой серьезную опасность для всех участников движения на автомобильной дороге:

- во-первых, ТС движется неустойчиво;
- во-вторых, тормозной путь удлиняется, что может привести к столкновению;
- в-третьих, перегруз может привести к поломке ТС в движении, в том числе и самой оси;
- в-четвертых, перегруз ведет к увеличению содержания твердых частиц в выхлопных газах;
- в-пятых, перегруз грузового ТС приводит к разрушению дороги и мостовых конструкций.

И все это связано с перегрузом любого транспортного средства!

Для определения перегруза на дорогах используются современные модульные системы, позволяющие фиксировать и распознавать ТС, его скорость, количество осей и нагрузку на них, общую массу, длину и габариты в целом. В случае выявления перегруза информация передается на ближайший контрольный пункт, где такое ТС (грузовое или легковое) может быть остановлено с требованием разгрузить его, а также с наложением соответствующих штрафных санкций. Существует практика регистрации нарушения, связанного с перегрузом ТС, с направлением извещения о наложении штрафа.

Таким образом, от перегруза повреждается не только дорога, но и ТС. И цель контроля перегруза – предотвратить его на дорогах, а не увеличить сбор денежных средств с перевозчиков за подобное нарушение.

Следует отметить, что если проводить взвешивание тяжелых неперегруженных ТС, то осевые нагрузки не будут превышать нормативные значения, что следует из технических паспортов на выпускаемые ТС.

При этом необходимо учитывать нормативное удельное давление, которое не должно превышать $p=0,6$ МПа [1, 4 и др.]. В этом случае следует указать еще один расчетный параметр – расчетный диаметр

следа колеса автомобиля, который определяется из известного соотношения:

$$S = \pi D^2 / 4 ,$$

где

S – площадь контакта сдвоенных колес на задней оси автомобиля;

D – расчетный диаметр следа колес автомобиля, равный для нормативной статической нагрузки на одиночную ось: 10 т – $D = 33$ см; 11 т – $D = 34$ см; 13 т (Казахстан) – $D = 37$ см.

Тогда площадь контакта S для расчетной нагрузки на одиночную ось будет равна:

– для 10 т:

$$S_{10} = \pi 33^2 / 4 = 854,865 \text{ см}^2 ;$$

– для 11 т:

$$S_{11} = \pi 34^2 / 4 = 907,460 \text{ см}^2 ;$$

– для 13 т:

$$S_{13} = \pi 37^2 / 4 = 1074,665 \text{ см}^2 \text{ (что практикуется в Казахстане).}$$

Если не будет перегруза автомобиля, то удельное давление P равно:

– для расчетной нагрузки 10 т:

$$P_{10} = \frac{Q_{10}}{S_{10}} = \frac{5000}{854,865} = 5,85 \text{ кг/см}^2 \approx 0,6 \text{ МПа} ;$$

– для расчетной нагрузки 11 т:

$$P_{11} = \frac{Q_{11}}{S_{11}} = \frac{5500}{907,460} = 6,06 \text{ кг/см}^2 \approx 0,6 \text{ МПа} ;$$

– для расчетной нагрузки 13 т (Казахстан):

$$P_{13} = \frac{Q_{13}}{S_{13}} = \frac{6500}{1074,665} = 6,05 \text{ кг/см}^2 \approx 0,6 \text{ МПа} ,$$

где

Q_{10} , Q_{11} , Q_{13} – нагрузка на два спаренных колеса в соответствии с расчетными нагрузками 10, 11 и 13 т (10 000 кг/2=5 000 кг и т.д.).

Таким образом, если не будет перегруза, то при всех расчетных нагрузках удельное давление не будет превышать нормативного значения 0,6 МПа. И это допустимо для приспособленных к этим нагрузкам автомобильных дорог. Этот расчетный параметр – удельное давление P , является самым объективным и физически обоснованным для решения вопроса о допустимых нагрузках на дорогу.

В дальнейшем необходимо уделить серьезное внимание учету в расчетах дорожных конструкций наличия больших реальных нагрузок, в том числе расчетных нагрузок 13 т на одиночную ось, как это регламентировано в казахстанском документе [4]. Тем более, что расчетами доказано, что толщина i -го слоя дорожной одежды и толщина одежды в целом H (при одних и тех же дорожно-строительных материалах) отли-

чается по группам расчетных нагрузок с коэффициентами, полученными из соотношений расчетных диаметров [8], что следует из допущений, принятых в известной номограмме [1, 3, 4 и др.], которая связывает пять параметров (E_1 , E_2 , $E_{общ}$, h , D) и используется в расчетах нежестких дорожных одежд:

$$K_{13} = D_{13}/D_{10} = 42/37 = 1,135 ;$$

$$K_{11} = D_{11}/D_{10} = 39/37 = 1,054 ,$$

где

K_{11} и K_{13} – коэффициенты перехода толщины i -го слоя одежды от расчетной нагрузки 10 т к 11 т и 13 т соответственно;

D_{10} , D_{11} , D_{13} – расчетные диаметры следа колеса автомобиля, равные для нормативной динамической (в этом случае) нагрузки на одиночную ось: 37, 39 и 42 см соответственно;

E_1 – модуль упругости материала верхнего слоя, МПа;

E_2 – модуль упругости на поверхности нижнего слоя, МПа;

$E_{общ}$ – общий модуль упругости на поверхности верхнего слоя, МПа.

Из этого следует, что, если для расчетной нагрузки 10 т толщина верхнего слоя дорожной одежды h из асфальтобетона будет равна (например) 6 см, то:

- для расчетной нагрузки 11 т (предварительно можно допустить) она будет равна:

$$h = 6 \text{ см} \times 1,054 = 6,32 \text{ см} ;$$

- для расчетной нагрузки 13 т (Казахстан):

$$h = 6 \text{ см} \times 1,135 = 6,81 \text{ см} ,$$

т.е. увеличение в пределах одного см. То же для общей толщины дорожной одежды, если она, допустим, составляет $H = 60$ см для нагрузки 10 т, то:

- для 11 т толщина (в первом приближении) составит:

$$H = 60 \times 1,054 = 63,2 \text{ см} ;$$

- для 13 т (Казахстан):

$$H = 60 \times 1,135 = 68,1 \text{ см} ,$$

т.е. даже для нагрузки 13 т (Казахстан) увеличение составит всего 8 см, причем в большей части за счет менее дорогостоящих слоев (дорогостоящий верхний слой увеличивается всего в пределах до 1 см).

Отсюда следует один важный вывод, что толщина определенного слоя дорожной одежды и толщина одежды в целом (при одних и тех же дорожно-строительных материалах) отличаются по группам расчетных нагрузок с коэффициентами, полученными из соотношения расчетных диаметров. А главное в том, что значения толщин слоев из дорогостоящих материалов мало отличаются в зависимости от расчетных нагрузок. Это также подтверждается результатами исследований, выполненных

проф. В.К. Апестиним применительно к слоям усиления дорожных одежд для различных групп расчетных нагрузок [9].

Важно отметить, что, как следует из работ проф. М.Б. Корсунского, осевые нагрузки свыше 12 т воспринимаются нежесткими дорожными одеждами с повышением вероятности образования пластических деформаций [10]. Это обуславливает необходимость индивидуального подхода к конструированию нежестких дорожных одежд, рассчитанных на осевую нагрузку свыше 12 т. В частности, на основе многочисленных вычислений различных конструкций дорожных одежд и учета опыта их эксплуатации определены следующие требования при конструировании дорожных одежд на осевую нагрузку 13 т [4, 11]:

- тип дорожной одежды – только капитальный;
- обязательное двухслойное (как минимум) покрытие из асфальтобетонных слоев общей толщиной не менее 15 см;
- как минимум, двухслойное основание, верхний слой которого должен быть обязательно укреплен либо органическими, либо неорганическими или бесцементными вяжущими (золы уноса, шлаки и т.п.);
- толщина верхнего слоя основания, укрепленного вяжущим материалом, независимо от результатов расчета не менее:
 - 12 см – слои, укрепленные органическими вяжущими;
 - 20 см – слои, укрепленные неорганическими вяжущими;
- минимальный общий модуль упругости – не менее 230 МПа независимо от категории дороги и результатов расчета.

ВЫВОДЫ

1. Взимание платы (штрафа) за проезд любого ТС следует осуществлять за его перегруз, в том числе с учетом нагрузки на одиночную ось и удельного давления на покрытие, что обеспечивается с использованием соответствующих методов при помощи специального оборудования. Цель контроля перегруза – предотвратить его на дорогах, а не увеличить сбор денежных средств за подобное нарушение.
2. Что касается возросших осевых нагрузок и непригодности к ним существующих дорожных конструкций, необходимо исходить из классического положения о соответствии изделия условиям его назначения и эксплуатации, согласно которому для каждой интенсивности и состава движения транспортного потока должна быть своя соответствующая по прочности конструкция дорожной одежды. Чем выше интенсивность движения и больше тяжелых ТС в составе транспортного потока, тем более прочными должны быть до-

рожные конструкции. Дорогу надо приспособлять к существующим автомобильным нагрузкам, а не наоборот.

3. Целесообразно возобновить ограничение движения ТС на дорогах, не приспособленных к расчетной нагрузке свыше 11,5 т в весенний период, или определить для ТС с такими нагрузками методику назначения и сбора средств за нанесение ущерба дорогам в расчетный период.

ЛИТЕРАТУРА

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации. – М.: ГП «Информавтдор», 2001. – 144 с.
2. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.
3. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа / Минтрансстрой. – М.: Транспорт, 1985.
4. СН РК 3.03-19-2006. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа / Комитет по делам строительства и ЖКХ МИТ РК. – Астана, 2014.
5. ГОСТ 32960-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. – М.: Стандартинформ, 2016. – 8 с.
6. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85 (с Изменением № 1) / Госстрой России. – М.: ООО «Аналитик», 2013. – 107 с.
7. ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд.
8. Красиков О.А. Особенности расчета и оценки прочности нежестких дорожных одежд на существующие расчетные осевые нагрузки / О.А. Красиков // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2015. – Вып. 33/1. – С. 112-128.
9. Апестин В.К. О нагрузках для расчета слоев усиления нежестких дорожных одежд / В.К. Апестин // Дороги и мосты. – 2005. – Вып. 14/2. – С. 35-39.
10. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Под. ред. Н.Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
11. AASHTO. Road test. – Washington, 1962. – 300 p.; 1965. – 370 p.

LITERATURA

1. ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd / Gosudarstvennaja sluzhba dorozhnogo hozjajstva Ministerstva transporta Rossijskoj Federacii. – М.: GP «Informavtodor», 2001. – 144 s.
2. GOST R 52748-2007. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Normativnye nagruzki, raschetnye shemy nagruzenija i gabarity priblizhenija. – М.: Standartinform, 2008. – 9 s.

3. VSN 46-83. Instrukcija po proektirovaniju dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa / Mintransstroj. – M.: Transport, 1985.
4. SN RK 3.03-19-2006. Proektirovanie dorozhnyh odezhd nezhestkogo tipa / Komitet po delam stroitel'stva i ZhKH MIT RK. – Astana, 2014.
5. GOST 32960-2014. Mezhhgosudarstvennyj standart. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Normativnye nagruzki, raschetnye shemy nagruzenija. – M.: Standartinform, 2016. – 8 s.
6. SP 34.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.05.02-85 (s Izmeneniem # 1) / Gosstroj Rossii. – M.: OOO «Analitik», 2013. – 107 s.
7. PNST 265-2018. Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd.
8. Krasikov O.A. Osobennosti rascheta i ocenki prochnosti nezhestkih dorozhnyh odezhd na sushhestvujushhie raschetnye osevyje nagruzki / O.A. Krasikov // DOROГИ I MOSTY. – 2015. – Vyp. 33/1. – S. 112-128.
9. Apestin V.K. O nagruzkah dlja rascheta sloev usilenija nezhestkih dorozhnyh odezhd / V.K. Apestin // Dorogi i mosty. – 2005. – Vyp. 14/2. – S. 35-39.
10. Konstruirovaniye i raschet nezhestkih dorozhnyh odezhd / Pod. red. N.N. Ivanova. – M.: Transport, 1973. – 328 s.
11. AASHTO. Road test. – Washington, 1962. – 300 p.; 1965. – 370 p.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF DESIGN AXIAL LOADS ON ROADS

Doctor of Engineering, Professor **O.A. Krasikov**,
*Member of the International
Transport Academy* **U.Sh. Kasymov**
(FAI «ROSDORNII»),
Ph. D. (Tech.), Professor **I.N. Kosenko**
(L.B. Goncharov Kazakh Road Academy (KazADI))
Contact information: krasikov@rosdornii.ru

Based on the analysis of the effect of design axial loads on roads with non-rigid pavements, it was revealed that the main problem is overloading of a vehicle, both heavy and light. In the absence of overload, the axial loads on the road do not exceed the normalized values. In this case, the most objective characteristic is the specific pressure on road pavement. It is emphasized that the pavement layer thickness and the whole pavement thickness (with the same road-building materials) differ in the groups of design loads based on the ratios of wheel track design diameters, as well as for the design load of 130 kN an individual approach to pavement design is required.

Key words: *non-rigid pavements, design axial loads, vehicle overload, specific pressure, design wheel track diameter, design road pavement properties.*

Рецензент: д-р техн. наук А.М. Кулижников (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 02.10.2018 г.