

# ВЛИЯНИЕ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

В общей сложности на автомобильных дорогах федерального значения Р-258 «Байкал», А-350, Р-297 «Амур» к настоящему времени возведено 250 искусственных сооружений. Из них, как показывает недавно проведенный статистический анализ, 94,40% мостов выполнено из железобетона [1].

Известно, что на долговечность эксплуатируемых железобетонных конструкций искусственных сооружений влияет несколько факторов, среди которых состояние проезжей части и условия движения транспортных средств. При диагностике дорожно-транспортных объектов часто обнаруживается увеличенный (дополнительный) слой дорожной одежды. Этот фактор оказывает негативное воздействие на несущую способность пролетных строений, значительно снижая грузоподъемность сооружения.

К необходимым профилактическим мерам, направленным на предотвращение и своевременное устранение различных дефектов, появляющихся в процессе эксплуатации искусственных сооружений, относится текущее содержание и надзор за ним.

Основными принципами содержания являются предупреждение появления неисправностей и повреждений в сооружениях, поддержание железобетонных конструкций в состоянии, которое соответствует требованиям, связанным с условиями обеспечения безопасности в любое время года [2].

Задача обеспечения надежности искусственного сооружения решается не только в процессе проектирования, но и в ходе строительства. Она же закладывается в основу требований по эксплуатации объекта. Именно при качественном наблюдении и выполнении условий эксплуатации и надлежащем со-

держании можно гарантировать продолжительную и безотказную работу конструкций сооружения, его долговечность и безопасность.

Для определения эксплуатационной пригодности и надежности искусственных автотранспортных сооружений, в том числе относящихся к объектам повышенной опасности, необходимо получение некоторых количественных показателей [3]. В представленной статье исследуется грузоподъемность сооружений с различными толщинами дорожной одежды на типовых железобетонных ребристых пролетных строениях. В статье приводятся графические методы отображения грузоподъемности в зависимости от толщины дорожного покрытия, которые позволяют при диагностике в кратчайшие сроки определить класс нагрузки. При этом для необходимых вычислений особых усилий не требуется – обычно же определение грузоподъемности занимает значительное количество времени и требует специальных навыков.

Сама же цель исследования связана с построением графиков, отражающих прямую зависимость грузоподъемности сооружений от толщины дорожной одежды.

Грузоподъемность определяется по самому слабому элементу моста. Для этого необходимо проверить несущую способность всех элементов сооружения, находящегося в составе участка автомобильной

дороги, выявив наиболее уязвимый элемент.

Следует напомнить, что в процессе эксплуатации искусственного сооружения (автотранспортного объекта) состояние дорожной одежды на мостовом полотне ухудшается: возникают трещины различного характера, выбоины, неровности, которые впоследствии могут влиять на происхождение новых дефектов на несущих конструкциях сооружения. С целью предотвращения возникновения подобных дефектов и предупреждения возможных рисков предусматриваются как соответствующее содержание, так и условия проведения ремонта. Однако часто на сооружениях в рамках ремонта демонтажные работы (фрезерование старых слоев дорожной одежды) не проводятся. В результате пренебрежения этими требованиями наблюдается устройство дополнительных слоев покрытия, что, в свою очередь, значительно снижает грузоподъемность.

В России насчитывается более 41,8 тыс. мостовых сооружений, причем большинство их построены в 1960–1970-х годах [4]. Именно на таких сооружениях чаще всего и встречается увеличение слоев дорожной одежды, которое также следует относить к дефектам конструкции моста.

Толщина дорожной одежды на всех сооружениях является индивидуальным значением, требующим исследования несущей способности на определенном промежутке этого значения.

В данной статье приведены графики для двух наиболее часто встречающихся типовых проектов пролетных строений:

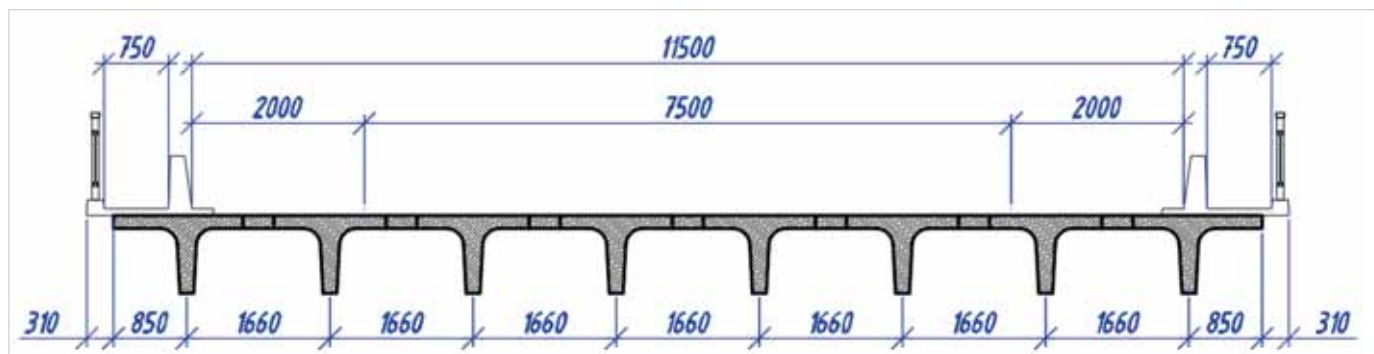


Рис. 1. Поперечное сечение пролетного строения серии 3.503-14, инв. №710/5

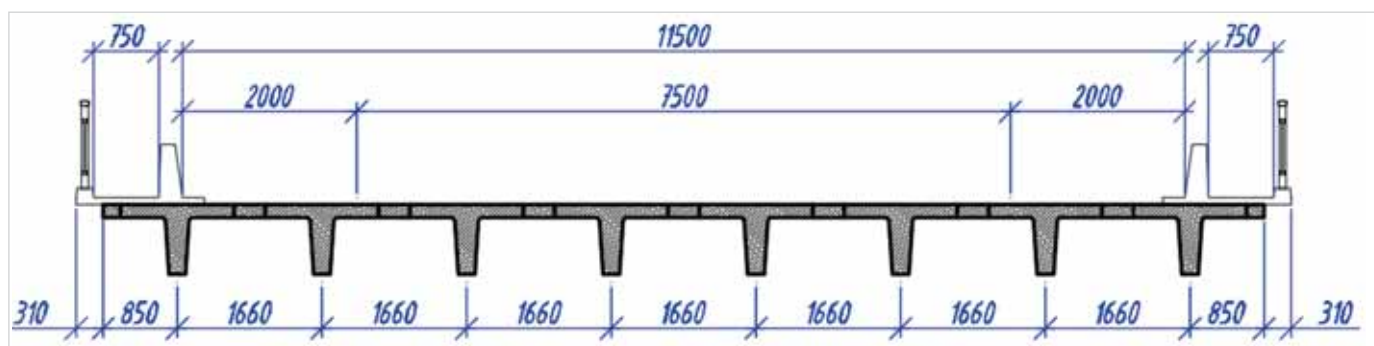


Рис. 2. Поперечное сечение пролетного строения типового проекта выпуска 167, инв. №227

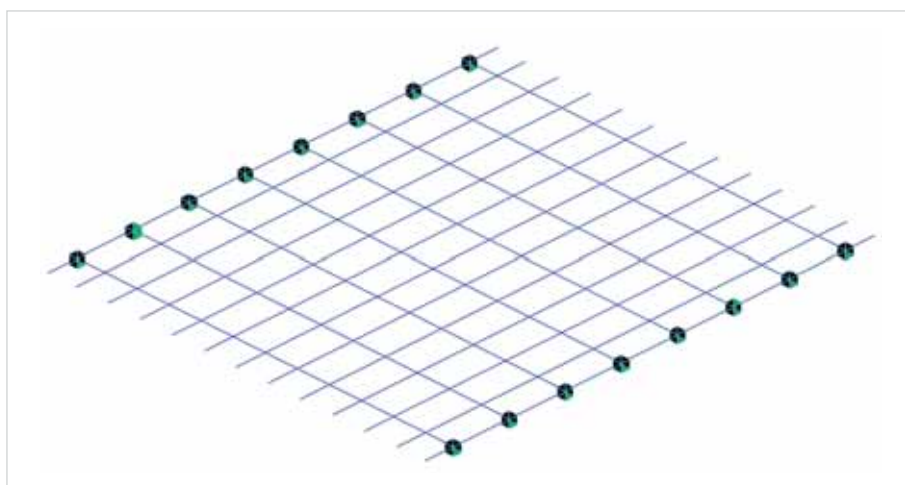


Рис. 3. Расчетная модель балочного ростверка в программе Midas Civil

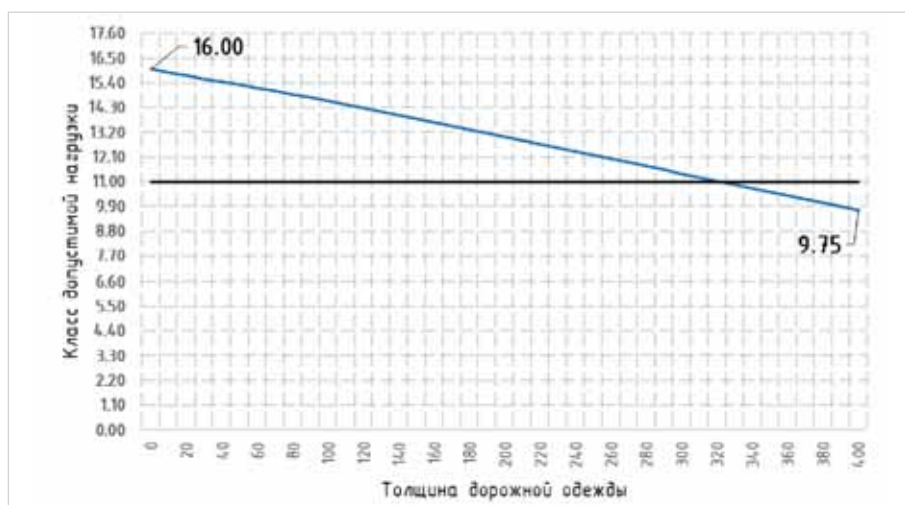


Рис. 4. Изотенза класса АК, пролет 12 м (серия 3.503-14, инв. №710/5)

■ Серия 3.503-14 «Сборные железобетонные пролетные строения для автодорожных мостов», выпуск 5, инв. №710/5 – 1974 г. (тавровые балки с вутом).

■ Выпуск 167 «Железобетонные сборные пролетные строения без диафрагм с каркасной арматурой периодического профиля из стали марки 35ГС», инв. №227 – 1962 г. (тавровые балки без вута).

#### Материалы и методы исследования

Для исследования было принято два поперечных сечения пролетного строения:

Нагрузка на пролетные строения была принята А11 и Н11, коэффициенты надежности и динамичности были приняты согласно СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» [5]. Пешеходная нагрузка принята 2 кПа.

Для серии 3.503-14 рассматриваются три разных пролета: 12 м, 15 м и 18 м. Для типового проекта выпуска 167 рассматриваются три разных пролета: 11,36 м, 14,06 м и 16,76 м.

Для определения несущей способности балок используется методика балочного ростверка, изложенная

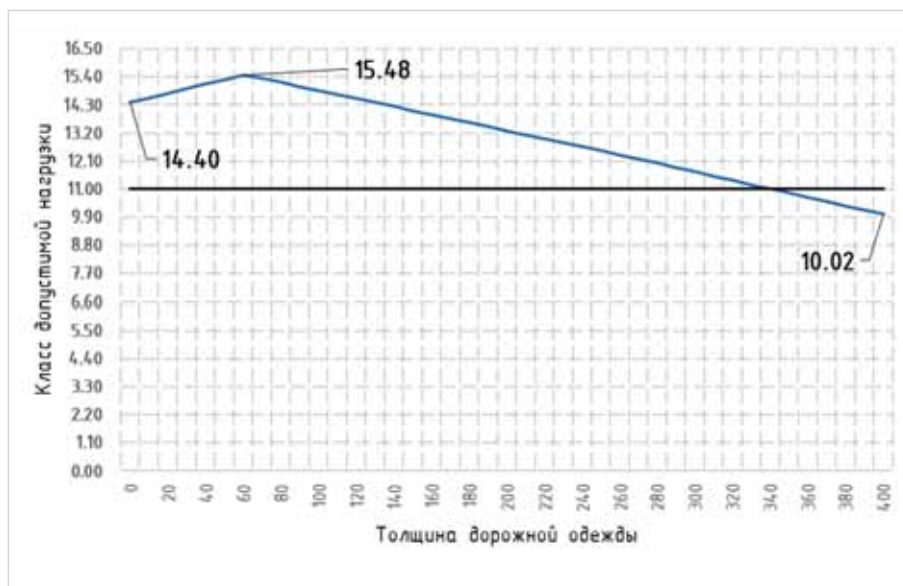


Рис. 5. Изотенза класса НК, пролет 12 м (серия 3.503-14, инв. №710/5)

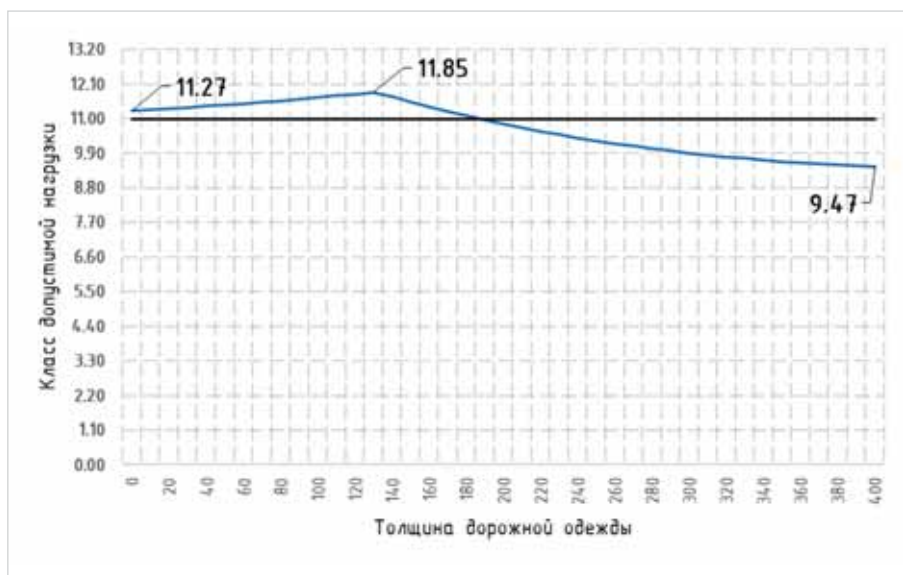


Рис. 6. Изотенза класса АК, для всех пролетов (типовой проект выпуск 167, инв. №227)



Рис. 7. Изотенза класса НК, для всех пролетов (типовой проект выпуск 167, инв. №227)

в ОДМ 218.4.025-2016 [6]. Расчетная модель составлена в программном комплексе Midas Civil.

Для определения несущей способности плиты пролетного строения используется методика, изложенная в ОДМ 218.4.026-2016 [7]. Коэффициенты  $\alpha^1 = 0,5$  и  $\alpha^2 = -0,7$  приняты согласно условию  $n > 100$  [8]:

$$n = \frac{0,001 \cdot D \cdot l^3}{G \cdot J_t},$$

где  $D = \frac{E \cdot h_f^3}{12 \cdot (1 - \nu)}$  – цилиндрическая жесткость плиты;  $h_f$  – толщина плиты;  $\nu$  – коэффициент Пуассона для бетона;  $l$  – расчетный пролет;  $E$  – модуль упругости бетона;  $G$  – модуль упругости бетона при сдвиге;  $J_t$  – момент инерции кручения балки. Такая методика, по сравнению с существующими приближенными методами, не учитывающими пространственной работы конструкции, приводит к более экономичным решениям и в большей степени отражает принцип работы конструкции [9].

Постоянные нагрузки приняты с коэффициентами надежности согласно ОДМ 218.4.025-2016. В связи с тем, что узнать неразрушающим методом толщину всех слоев дорожной одежды на существующих мостах невозможно, плотность дорожной одежды принята осредненная –  $2,3 \text{ т/м}^3$ . Коэффициент надежности к дорожной одежде принят 1,2.

Допускаемый класс нагрузки АК на пролетное строение рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{S_{пред} - S_{пеш} - S_{пост}}{S_{A11}} \cdot 11,$$

где  $S_{пред}$  – предельное усилие на элемент пролетного строения,  $S_{пеш}$  – усилие в элементе от пешеходной нагрузки,  $S_{пост}$  – усилие в элементе от постоянной нагрузки,  $S_{A11}$  – усилие в элементе от нагрузки A11.

Допускаемый класс нагрузки НК на пролетное строение рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{S_{пред} - S_{пост}}{S_{Н11}} \cdot 11,$$

где  $S_{пред}$  – предельное усилие на элемент пролетного строения,  $S_{пост}$  – усилие в элементе от постоянной нагрузки,  $S_{Н11}$  – усилие в элементе от нагрузки Н11.

Для отображения результатов используются изотензы. Их использование в отображении несущей способности элементов описано в учебном пособии «Проектирование мостовых и строительных конструкций» [10] профессора Павла Михайловича Саламахи-на, много лет отдавшего работе на кафедре мостов и транспортных тоннелей МАДИ.

Результаты расчетов, полученных в ходе исследований, представлены в виде соединенных графиков на основе изотенз. На графиках показана грузоподъемность сооружения в зависимости от толщины дорожной одежды. В графиках учтены расчеты по несущей способности плиты и балок.

Для каждой балки пролетного строения были построены графики, которые отображают несущую способность балки, также в зависимости от количества дорожной одежды. При наложении всех графиков на одну сетку был выведен один график (изотенза), отражающий минимальные классы для всего сооружения при увеличении толщины дорожной одежды.

Имея только сведения о толщине дорожной одежды, по приведен-

ным графикам можно определить грузоподъемность сооружения. При этом компоновка сооружения должна быть неизменна.

### Результаты исследования

В результате исследования типового проекта серии 3.503-14, инв. №710/5, было выявлено следующее:

1. При увеличении толщины дорожной одежды значительно снижается грузоподъемность по несущей способности балок. При толщине дорожной одежды, соответствующей 320 мм, сооружение длиной 12 м не удовлетворяет требованиям нормативной документации.
2. При недостаточной толщине дорожной одежды грузоподъемность сооружения снижается только для класса НК. Но при этом требования нормативной документации соблюдаются.
3. При увеличении пролета сооружения графики грузоподъемности отличаются незначительно.

В результате исследования типового проекта выпуска 167, инв. №227, было выявлено:

1. При увеличении толщины дорожной одежды значительно снижается грузоподъемность по несущей способности плиты. Если толщина дорожной одежды соответствует 180 мм, то сооружение не может удовлетворять требованиям нормативной документации. При этом несущая способность по балкам значительно выше несущей способности по плите.
2. В условиях недостаточной толщины дорожной одежды грузоподъемность сооружения сни-

жается только для класса НК. Минимальный класс НК при отсутствии дорожной одежды составляет 9,55.

3. При увеличении толщины дорожной одежды грузоподъемность сооружения снижается незначительно для класса НК.

4. При увеличении пролета сооружения графики грузоподъемности не отличаются, так как несущая способность сооружения определяется полностью несущей способностью плиты.

### Вывод

Ввиду наличия на территории Российской Федерации большого количества искусственных сооружений, построенных в 1960–1970 годах и эксплуатирующихся в настоящее время, необходимо обратить внимание на состояние и конструкцию дорожной одежды мостового полотна.

Важно не допускать устройства дополнительных слоев; следует выполнить замену до рассчитанной (при необходимости) толщины, не снижающей грузоподъемность сооружения в целом.

**О.В. Крышин,**

главный специалист отделения диагностики и проектирования искусственных сооружений  
ФАУ «РОСДОРНИИ»  
Сибирский филиал,  
**А.А. Добровидов,**  
начальник отделения диагностики и проектирования искусственных сооружений  
ФАУ «РОСДОРНИИ»  
Сибирский филиал

### Список источников

1. Богданов И.Я., Бобешко А.А. Теория надежности в транспортных сооружениях // Российский научный журнал. 2015. Вып. 4. С. 315–318.
2. Бобешко А.А. Эксплуатация искусственных сооружений на автомобильных дорогах // Образование и наука в России и за рубежом. 2014. С. 29–31.
3. Богданов И.Я., Бобешко А.А. Количественный показатель уровня надежности искусственных сооружений // Повышение надежности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций. Том 1. 2015. С. 9–12.
4. Парышев Д.Н., Ильяков А.В., Моисеев О.Ю., Овчинников И.Г., Харин В.В. Проблемы малых мостов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2018. С. 162–167.
5. СП 35.13330.2011 Свод правил Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84\*. ОАО «ЦПП». М., 2011.
6. Рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть. ОДМ 218.4.025–2016. ФДА Росавтодор, 2016.
7. Рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Бетонные и железобетонные конструкции. ОДМ 218.4.026–2016. ФДА Росавтодор, 2016.
8. Железобетонные автодорожные мосты: научное издание / Иванчев И.И., Топуров К.Х., Топилин А.Н., Иваненко Н.И. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008.
9. Пространственные расчеты балочных мостов / Б.Е. Улицкий. М.: Автотрансиздат, 1962.
10. Проектирование мостовых и строительных конструкций: учебное пособие / Саламахин П.М. М.: КНОРУС, 2011.