

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ**

УДК 624.21

**Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, В. В. Пархоменко**

**Автомобильно-дорожный институт**

**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**

## **ПРОПУСК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО АВТОДОРОЖНЫМ МОСТАМ**

*Выполнен анализ методик определения пропуска транспорта по автодорожным мостам, учитывающих эксплуатационное состояние мостов, а также удобство проезда по мостам, дана оценка учета влияния дефектов и повреждений на грузоподъемность мостов в существующих методах определения грузоподъемности пролетных строений мостов и оценка учета влияния состава транспортного потока в существующих методиках определения эксплуатационного состояния мостов.*

***Ключевые слова:** автодорожный мост: дефект, повреждение, грузоподъемность, несущая способность, эксплуатационное состояние*

### ***Введение***

Мосты – это одна из важнейших составляющих дорожной инфраструктуры, которая требует постоянного внимания со стороны государственных органов и достаточных бюджетных вложений. Сохранение мостового хозяйства, содержание его в состоянии, пригодном для безопасного и комфортного пропуска транспортных средств, является одной из важнейших проблем в настоящее время.

### ***Постановка проблемы***

В последние годы проблема определения действительного эксплуатационного состояния мостов стоит наиболее остро, объективными причинами возникновения этого положения является рост транспортных потоков и недостаточное финансирование, предназначенное для ремонта и реконструкции мостов, а особенно то, что большинство эксплуатируемых сооружений имеют низкий уровень технического состояния. Эта проблема касается, особенно, сооружений Донбасса, большинство которых в результате военных действий достигли критического уровня и требуют наиболее тщательного обследования.

Интересной представляется задача исследования влияния фактического состояния автодорожных мостов, на примере мостов Донбасса, на определение пропуска транспортных средств и учет удобства проезда по мостам, зависящий от состава транспортного потока при определении эксплуатационного состояния автодорожных мостов.

### ***Анализ публикаций***

Рост производительности труда на автомобильном транспорте и технический прогресс отрасли во многом определяются грузоподъемностью и скоростью движения транспортных средств, что зависит от технического состояния автомобильных дорог, наиболее ответственными элементами которых являются мосты.

Из-за превышения веса нормативных автомобильных нагрузок, увеличения интенсивности движения, старения мостов, а также из-за ненадлежащего содержания и ремонта существующих мостов на автомобильных дорогах эксплуатируется значительное количество мостов, грузоподъемность которых не соответствует нормам. Это значительно ухудшает транспортно-эксплуатационные показатели всей дорожной сети.

Состояние мостов осложняется еще и ограниченным финансированием дорожной отрасли, из-за которого отсутствует надлежащий уход за сооружениями и своевременный текущий ремонт. Поэтому сейчас пролетные строения железобетонных мостов и путепроводов имеют значительные дефекты и повреждения, которые снижают грузоподъемность конструкции.

Несмотря на неудовлетворительное состояние железобетонных балочных мостов, большинство из них, учитывая особенность материала, сохраняют ремонтпригодность и ресурсы грузоподъемности. Это неоднократно подтверждалось и на практике.

В последнее время значительно возросли интенсивность автомобильного движения, вес нагрузок, скорости транспортных потоков, что значительно повышает требования к автодорожным мостам. Направляясь из разных мест отправления в разные места назначения, автомобили образуют на дороге транспортные потоки, которые движутся навстречу друг другу. Условия движения по дороге значительно изменяются с увеличением интенсивности движения. В зависимости от интенсивности движения по дороге меняется количество взаимных помех для автомобилей и режимы их движения. В зависимости от преобладания в составе транспортного потока группы тех или иных автомобилей изменяется удобство проезда и загруженность дороги, меняется и ситуация в отношении безопасности движения, что в настоящее время является наиболее актуальным. В условиях быстрого роста интенсивности движения успешно обеспечить процесс перевозок возможно лишь при совершенном знании закономерностей формирования транспортных потоков в различных дорожных условиях.

На наш взгляд, представляет интерес задача проанализировать методики определения возможности пропуска транспорта по автодорожным мостам, учитывающих эксплуатационное состояние мостов, а также удобство проезда по мосту, которое зависит от состава транспортного потока.

### ***Цель исследования***

Анализ методик определения пропуска транспорта по автодорожным мостам, учитывающих эксплуатационное состояние мостов, а также удобство проезда по мостам, которое зависит от состава транспортного потока.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- оценка учета влияния дефектов и повреждений на грузоподъемность мостов в существующих методах определения грузоподъемности пролетных строений мостов;
- оценка учета влияния состава транспортного потока в существующих методиках определения эксплуатационного состояния мостов.

### ***Основной материал***

В последние годы на автомобильных дорогах часто перевозятся грузы, которые по своим параметрам превышают нормативные. Масса транспортных средств колеблется от 5 до 300 тонн.

Возможность пропуска транспортного средства по мостам определяется грузоподъемностью моста и габаритами приближения его конструкций.

Возможность пропуска нагрузки по общему действию определяется несущей способностью наиболее напряженных основных элементов пролетного строения – главных балок, а по местному действию – несущей способностью плиты проезжей части. При этом необходимо учитывать конструкцию элементов, их фактическое состояние, механические характеристики материалов и т. п.

Возможность пропуска нагрузок по мостам в зависимости от состояния моста, средств и времени решения задачи может быть определена следующими методами:

- методом аналогии,
- расчетно-экспериментальным,
- расчетным.

Метод аналогий применяется в случае, когда решается вопрос о пропуске нагрузки по однотипным мостам.

Если в ходе обследования очередного моста одинакового типа устанавливается, что по совокупности дефектов и повреждений его состояние не хуже, чем ранее обследованных мостов того же типа, по которым пропуск рассматриваемой нагрузки признан возможным, то принимается положительное решение о возможности пропуска нагрузки.

Следует отметить, что поиск моста-аналога среди мостов, по которым нагрузка уже пропускалась, требует высокой квалификации исполнителей.

Относительная простота, отсутствие необходимости расчетов и испытаний позволяет использовать метод аналогий в условиях оперативного решения задачи с высокой степенью точности. Однако, определенные условия: идентичность полной исходной информации заданного моста и моста-аналога, а также обязательная высокая квалификация и большой практический опыт исполнителей, накладывают ограничения на применение этого метода.

Экспериментально-теоретический метод. Применяют в случае, когда не представляется возможным использовать расчетные методы или метод аналогии, это когда имеются дефекты, влияние которых на грузоподъемность не представляется учесть используемыми расчетными методами.

В ходе обследования устанавливаются элементы со значительными дефектами, которые могут определять грузоподъемность моста. Для них теоретически строятся линии прогибов и линии влияния изгибающих моментов.

После этого разрабатывается программа многоступенчатого наращивания усилий в выбранных элементах путем ступенчатого наезда транспортного средства или его макета на мост. Затем строится экспериментальный график линии прогибов и сравнивается с теоретическим.

Экспериментальный метод дает наиболее полные результаты о фактической грузоподъемности моста, позволяет выявить все резервы несущей способности, однако он очень трудоемок, и необходимы затраты на испытания, приборы, а также наличие высококвалифицированных специалистов. Поэтому этот метод рекомендуется проводить в особо ответственных случаях (при пропуске неординарной нагрузки по нетиповому мосту), или когда результаты расчета требуют уточнения, а также когда есть дефекты, учесть влияние которых расчетными методами не представляется возможным.

Расчетный метод применяют в случае, когда пролетное строение имеет дефекты и повреждения, которые возможно учесть при расчетах или которые не имеют значительного влияния на грузоподъемность и несущую способность конструкции.

Метод аналогий используется в случае, когда решается вопрос о грузоподъемности однотипных мостов или путепроводов. Однако для применения метода аналогий нужен большой практический опыт и высокая квалификация исполнителей, а также исходная информация об исследуемом пролетном строении и пролетном строении-аналоге должна быть полностью идентичной. Поскольку найти идентичные пролетные строения очень трудно, то данный метод имеет ограниченное применение.

Экспериментально-теоретический метод дает наиболее полные результаты о действительной грузоподъемности сооружения, позволяет выявить все резервы несущей способности. Однако, как известно, проведение натурных испытаний связано со значительными затратами на изготовление макета нагрузки, кроме этого организация-исполнитель должна иметь в наличии измерительные приборы и квалифицированных специалистов с практическим опытом работы. Эти условия ограничивают использование экспериментально-теоретического метода, поэтому его рекомендуется применять в случаях, когда не представляется возможным воспользоваться расчетными методами и методом аналогий.

Итак, проанализировав существующие методы определения пропуска нагрузок по мостам, а фактически это методы определения действительной грузоподъемности пролетных

строений с учетом существующих дефектов, можно сделать вывод, что метод аналогий и экспериментально-теоретический метод имеют определенные недостатки, что ограничивает область их использования. Поэтому наиболее распространенным и приемлемым в большинстве случаев является расчетный метод.

Общеизвестно, что на снижение грузоподъемности балочных пролетных строений наибольшее влияние оказывают следующие факторы: уменьшение площади рабочей арматуры, уменьшение размеров поперечного сечения элементов, уменьшение прочности материалов, а также нарушение пространственной работы конструкции. Грузоподъемность является основной характеристикой прочности пролетного строения и моста в целом. Все дефекты и повреждения условно можно разделить на две группы: 1) дефекты, снижающие жесткость поперечного сечения балки; 2) дефекты, которые нарушают работу пролетного строения как единой пространственной конструкции.

Расчетный метод позволяет учесть влияние дефектов, снижающих жесткость поперечного сечения, путем использования фактических размеров элемента и рабочей площади арматуры при определении предельно допустимого усилия (несущей способности) или путем введения соответствующих понижающих коэффициентов.

Разрушение поперечного объединения и пространственную работу пролетного строения в целом возможно учесть при определении коэффициента поперечной установки (КПУ).

На кафедре «Автомобильные дороги и искусственные сооружения» АДИ ГОУВПО «ДОННТУ» были проведены исследования, в результате которых установлено, что влияние на несущую способность балок пролетного строения прочностных характеристик бетона незначительно и что несущая способность балок типовых проектов 1950–1970-х годов на восприятие современных нагрузок обеспечивается только при совместной работе балок и накладной плиты [1], кроме того, были разработаны программы и составлены таблицы, позволяющие определять ординаты линий влияния давления на балки пролетных строений с учетом разрушения поперечного объединения и снижения поперечной жесткости.

Программа позволяет моделировать большинство дефектов, характерных для железобетонных пролетных строений, что дает возможность определять действительную грузоподъемность сооружения и выявлять резервы прочности. Произведена корреляционная оценка точности расчетов по программе. По результатам вычислительного эксперимента установлено значительное влияние разрушения поперечного объединения балок на распределение нагрузки между элементами и грузоподъемность пролетных строений. При расстройстве поперечных связей между балками нагрузка на главную балку возрастает до 35 %. При этом наблюдается изменение характера линий воздействия давлений на балки пролетного строения. Это свидетельствует о необходимости учета разрушения поперечных объединений между балками при определении действительной грузоподъемности пролетного строения. Снижения жесткости балок пролетного строения от проектной на 10–30 % имеет незначительное влияние на распределение нагрузки и в таких случаях, при определении коэффициента поперечной установки, можно не использовать информацию о жесткости балок. Снижение жесткости балки более чем на 30 % вызывает рост коэффициента поперечной установки до 20 %. Поскольку большинство дефектов, влияющих на жесткость поперечного сечения балки достаточно легко устраняются во время ремонтных работ, то большое снижение жесткости, как правило, не допускают. Несмотря на незначительное влияние на грузоподъемность пролетного строения, изменение жесткости балки значительно влияет на ее несущую способность. В большинстве случаев это влияние учитывается принятием фактических размеров балки в расчетах [2].

Одной из важнейших задач, как отмечалось выше, является задача определения фактического эксплуатационного состояния мостов. В настоящее время существует целый ряд методик определения эксплуатационного состояния автодорожных мостов [3, 4, 5, 6, 7].

Эксплуатационную пригодность сооружения, независимо от метода оценки ее техни-

ческого состояния, определяют показателями, характеризующими: во-первых, физическую долговечность сооружения, то есть ее прочность и деформативность, устойчивость к агрессивной среде; во-вторых, моральную долговечность сооружения, что является показателем соответствия современным нагрузкам и интенсивности движения. Все существующие методики определения эксплуатационного состояния мостов в той или иной степени учитывают эти положения. Однако, ни одна из методик не учитывает влияние состава транспортного потока, от которого зависит удобство и комфортность проезда по мосту.

Поэтому, на наш взгляд, считаем целесообразным ввести в существующие методики определения эксплуатационного состояния мостов коэффициент, который бы учитывал влияние состава транспортного потока. Состав транспортного потока характеризуется отношением в нем транспортных средств различных типов. Этот показатель оказывает значительное влияние на все параметры дорожного движения. Для его определения требуются дальнейшие исследования.

### **Выводы**

На основании выполненных исследований получены следующие выводы:

1. Влияние на несущую способность балок пролетного строения моста прочностных характеристик бетона незначительно.
2. Снижение жесткости балок пролетного строения от проектной на 10–30 % имеет незначительное влияние на распределение нагрузки.
3. Снижение жесткости балки более чем на 30 % вызывает рост коэффициента поперечной установки до 20 %.
4. Разрушения поперечного объединения балок имеют значительное влияние на распределение нагрузки между элементами и грузоподъемность пролетных строений: при расстройстве поперечных связей между балками нагрузка на главную балку возрастает до 35 %.
5. Предлагается ввести в существующие методики определения эксплуатационного состояния мостов коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока и оказывающий значительное влияние на все параметры дорожного движения.

### **Список литературы**

1. Морозова, Л. Н. Усовершенствование методики оптимального проектирования габаритов балочных железобетонных автодорожных мостов / Л. Н. Морозова, В. В. Пархоменко, В. М. Бушева, Е. Е. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2021. – № 4(39). – С. 16–21.
2. Морозова, Л. М. Аналіз впливу руйнування поперечного об'єднання залізобетонних балок прогонової будови розрізних мостів на розподілення навантаження / Л. М. Морозова, В. В. Самосват // Вісті Автомобільно-дорожного інституту. – 2012. – № 2(15). – С. 165–174.
3. ОДМ 218.3.014-2011. Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Отраслевой дорожный методический документ : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) : издание официальное : внесен Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства : введен впервые / Разработан ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения». – Москва, 2013. – 76 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів : національний стандарт України : видання офіційне : прийнято і надано наказом Мінрегіонбуду України від 11.11.2009 р. № 484 : уведено вперше : дата введення 2009-11-11 / Розроблено Національним транспортним університетом. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 53 с.
5. ВСН 32-89. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов : издание официальное : утверждена Министерством автомобильных дорог РСФСР 22 июля 1988 г. : взамен ВСН 32-78 Минавтодора РСФСР : дата введения 1990-01-01 / разработана совместно с НПО Росдорнии. – Москва : Транспорт, 1991. – 202 с.
6. Васильев, А. И. Грузоподъемность и долговечность мостовых сооружений / А. И. Васильев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. – ISBN 978-5-9729-0642-0.
7. Експлуатація і реконструкція мостів : підруч. для студ. трансп. і будів. спец. / Н. Є. Страхова, В. О. Голубєв, П. М. Ковальов [та ін.] ; під ред. А. І. Лантуха-Ляшенка. – Київ : Транспортна академія України, 2000. – 394 с.

**Л. Н. Морозова, В. В. Пархоменко**  
**Автомобильно-дорожный институт**  
**ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**  
**Пропуск транспортных средств по автодорожным мостам**

Выполнен анализ методик определения пропуска транспорта по автодорожным мостам, учитывающих эксплуатационное состояние мостов, а также удобство проезда по мостам.

Дана оценка учета влияния дефектов и повреждений на грузоподъемность мостов в существующих методах определения грузоподъемности пролетных строений мостов и оценка учета влияния состава транспортного потока в существующих методиках определения эксплуатационного состояния мостов: влияние на несущую способность балок пролетного строения моста прочностных характеристик бетона незначительно; снижение жесткости балок пролетного строения от проектной на 10–30 % имеет незначительное влияние на распределение нагрузки; снижение жесткости балки более чем на 30 % вызывает рост коэффициента поперечной установки до 20 %; разрушения поперечного объединения балок имеют значительное влияние на распределение нагрузки между элементами и грузоподъемность пролетных строений: при расстройстве поперечных связей между балками нагрузка на главную балку возрастает до 35 %; предлагается ввести в существующие методики определения эксплуатационного состояния мостов коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока и оказывающий значительное влияние на все параметры дорожного движения.

**АВТОДОРОЖНЫЙ МОСТ: ДЕФЕКТ, ПОВРЕЖДЕНИЕ, ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ**

**L. N. Morozova, V. V. Parkhomenko**  
**Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka**  
**Passage of Vehicles on Road Bridges**

The analysis of methods to determine the passage of vehicles on road bridges is carried out. It takes into account the operational state of bridges, as well as the ease of travel across the bridges.

The assessment of accounting the influence of defects and damages on the load capacity of bridges in existing methods of determining the load capacity of bridge spans and the assessment of accounting the influence of the composition of the traffic flow in existing methods for determining the operational state of bridges are made. They include: the influence on the bearing capacity of the beams of the bridge span structure of the concrete strength characteristics is insignificant; a 10–30 % reduction in the stiffness of the span beams from the design value has an insignificant effect on the load distribution; a decrease in beam stiffness by more than 30 % causes an increase in the transverse installation coefficient up to 20 %; the destruction of the transverse joining of beams has a significant impact on the distribution of the load between the elements and the load capacity of the spans: in the event of a breakdown of the transverse links between the beams, the load on the main beam increases to 35 %. It is proposed to introduce into the existing methods for determining the operational condition of bridges a coefficient that takes into account the influence of the composition of the traffic flow and has a significant impact on all traffic parameters.

**ROAD BRIDGE: DEFECT, DAMAGE, LOAD CAPACITY, BEARING CAPACITY, OPERATIONAL STATE**

**Сведения об авторах:**

**Л. Н. Морозова**

Телефон: +7 (949) 412-71-06

Эл. почта: most\_ln@mail.ru

**В. В. Пархоменко**

Телефон: +7 (949) 301-98-56

Эл. почта: viktor-parkhomenko88@rambler.ru

*Статья поступила 30.01.2023*

© Л. Н. Морозова, В. В. Пархоменко, 2023

*Рецензент: Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*