

УДК 001.83

С.А. БОКАРЕВ, К.Г. ГРОМЕНКО, В.С. МОЛЧАНОВ, Ю.В. РЫБАЛОВ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ И ЛАБОРАТОРИИ «МОСТЫ» НИДЦ СГУПС

Представлены наиболее существенные результаты, полученные лабораторией в процессе ее взаимодействия с территориальным управлением автомобильных дорог Новосибирской области.

Территориальное управление автомобильных дорог Новосибирской области (ГБУ НСО ТУАД) осуществляет функции государственного заказчика всех видов работ по объектам дорожного хозяйства, относящихся к областной собственности. При организации содержания и ремонтов существующих, как и при строительстве новых мостовых сооружений, возникает много вопросов, для решения которых необходим научный подход, наличие экспериментального и испытательного оборудования. ГБУ НСО ТУАД, тесно взаимодействуя с лабораторией «Мосты» НИДЦ СГУПС с середины 1990-х гг., высоко оценивает ее научный потенциал, лабораторную базу, возможности и реальные результаты работы. По государственным контрактам и договорам лаборатория выполняет регулярные осмотры, специальные обследования и испытания мостов, научно-исследовательские опытно-конструкторские работы по вопросам статической работы мостовых конструкций и технологий ремонтных работ. В частности, лаборатория «Мосты» выполняет регулярные ежегодные периодические осмотры всех 270 мостов, эксплуатируемых на автомобильных дорогах общего пользования.

В целях систематизации данных о сооружениях, в 1997 г. лабораторией была разработана и внедрена автоматизированная информационная система АИС ИССО ГБУ НСО ТУАД, ежегодно пополняемая обновленными данными о каждом сооружении. Возможности системы с каждым годом расширяются разработкой дополнительных расчетных и информационных модулей. Так, в 2007 г. разработан модуль расчета условий пропуска по сооружениям произвольной нагрузки. Данные АИС ИССО используются при организации текущего содержания и планировании ремонтов (с учетом дефектности и динамики изменения технического состояния конструкций). Решение о капитальном ремонте, реконструкции существующих или строительстве новых мостов принимается на основании оценки технического состояния и транспортно-эксплуатационных показателей существующих сооружений. Соответственно для обоснования и планирования затрат организуются специальные осмотры или обследования сооружений, по результатам которых принимают окончательное решение.

По окончании строительства или капитального ремонта обязательными являются предприемочные обследования объектов. Поскольку начиная с 2005 г. количество строящихся и ремонтируемых мостов неуклонно возрастало (в 2005 г. — 7, в 2006 г. — 18, в 2007 г. — 26, в 2008 г. — 30 сооружений), при обследовании объектов сотрудниками лаборатории был выполнен большой объем полевых и камеральных работ. При этом, кроме отчета, были составлены технические паспорта сооружений, а все изменения данных о сооружениях введены в базу АИС ИССО.

В отдельных случаях (например при использовании новых материалов и конструкций) по специально разрабатываемым программам проводятся испытания мостов. После произведенного в 2007 г. усиления балок пролетных строений шпренгельными системами, был испытан мост через р. Издревая на 23 км автодороги «Новосибирск — Ленинск-Кузнецкий». В 2008 г. произведено специальное обследование промежуточной опоры моста через р. Орда на 104 км автодороги «Новосибирск — Кочки — Павлодар», которая в процессе эксплуатации получила сверхнормативную осадку и крен. Специальные осмотры, обследования и испытания осуществляют в соответствии с [1–5].

Оценка состояния мостовых сооружений осуществляется по двум группам показателей: транспортно-эксплуатационным (состояние продольного профиля и габаритов, соответствие требованиям действующих норм устройств безопасности — конструкций дорожных ограждений и других элементов безопасности) и технического состояния (грузоподъемность, долговечность) с учетом фактических дефектов и других нарушений. При оценке транспортно-эксплуатационного состояния учитываются рекомендации [6]. Общую оценку технического состояния определяют как с учетом требований [2], так и на основании оригинальной методики балльных оценок, основанной на таких показателях, как безопасность, долговечность, грузоподъемность и ремонтпригодность, в зависимости от установленных категорий неисправностей в несущих элементах и проезжей части.

При оценке безопасности движения учитывают состояние покрытия проезжей части, ограждающих устройств и тротуаров с перилами. В соответствии с [6] все неисправности этих элементов разделяют на три категории: 1-я категория — на проезжей части имеются неровности в покрытии, не вызывающие динамических колебаний транспортных средств; в ограждениях, бордюрных камнях, тротуарах и перилах имеются дефекты, не влияющие на безопасность движения по пролетным строениям (мелкие сколы, искривления в самих элементах и пр.); 2-я категория — неровности и повреждения в покрытии и деформационных швах, в покрытии тротуаров; в перилах отдельные разрывы и участки повреждения креплений стоек, повреждения в ограждающих устройствах и др.; 3-я категория — деформационные швы и околошовная зона разрушены с образованием провалов между пролетными строениями, разрушение переходных плит и сопряжений с образованием порожка более 10 см, состояние перил и тротуаров, вызывающие опасность для движения пешеходов (разрушение тротуарных плит, обрушение перил на части или по всей длине сооружения), разрушение покрытия с обнажением арматуры на большей части защитного слоя, образование сквозных отверстий в плите проезжей части в результате разрушения бетона плиты, разрушение ограждающих устройств на большей части по длине моста.

Согласно [2], назначение балла основывается на определении категорий имеющихся дефектов отдельно по долговечности сооружения и безопасности движения. Кроме того, для оценки технического состояния нужно определить грузоподъемность конструкции. В зависимости от степени снижения грузоподъемности по сравнению с проектными значениями, общую оценку сооружения определяют по элементу, имеющему самую неблагоприятную категорию неисправности. К достоинствам этой методики можно отнести простоту оценки

технического состояния. Однако имеются и существенные недостатки. Основным является то, что балл, определяясь дефектом худшей категории, никак больше не зависит ни от количества дефектов на сооружении в целом, ни от степени их развития. К тому же инструкция [2] дает ограниченный перечень дефектов и их характеристик. Для значительной части дефектов эксперты вынуждены самостоятельно назначать категории. Понятно, что при таком подходе итоговые оценки являются субъективными и полностью зависят от квалификации эксперта. Таким образом, реально воспользоваться этой методикой для оценки и сравнения действительного состояния конструкций, а также прогнозирования изменения этого состояния весьма проблематично.

На стадии разработки и внедрения АИС ИССО возник вариант оценки технического состояния мостовых сооружений в рамках [2], но исходя из следующих условий: методика основывается на параметрах надежности; ее использование возможно на любых уровнях управления; соблюдается принцип преемственности по отношению к существующей методике в соответствии с [2] (сохраняются понятия категорий неисправности и балльных оценок); ориентированность на использование автоматизированных систем; возможность сравнения и прогнозирования изменения технического состояния сооружений. В основе методики лежат экспертные оценки влияния дефекта на показатели надежности: безопасность (вероятность отказа или категория по безопасности — Б и снижение грузоподъемности — Г), долговечность — Д (остаточный ресурс или срок службы до капитального ремонта) и ремонтпригодность — Р (вид, стоимость или трудоемкость ремонта).

Возможные дефекты подразделяются на несущественные, малозначительные, значительные, опасные и критические: 0 — несущественный дефект (Б0, Д0, Г0), к этой категории относятся дефекты, наличие которых следует зафиксировать, но степень их развития такова, что отклонение от нормы укладывается в допустимые границы. Каких-либо специальных мероприятий по устранению этих дефектов проводить не требуется; 1 — малозначительный дефект (Б1, Д1, Г1), к этой категории относятся дефекты, которые не влияют на основные транспортно-эксплуатационные показатели сооружения, их негативное влияние может сказаться в перспективе; 2 — значительный дефект (Б2, Д2, Г2), к этой категории относятся дефекты, которые негативно влияют на основные транспортно-эксплуатационные показатели сооружения, но не представляют непосредственной опасности для его эксплуатации. При наличии дефектов категорий Б2, Г2 может быть рекомендовано введение ограничений движения; 3 — опасный дефект (Б3, Д3, Г3), к этой категории относятся дефекты, которые в значительной степени снижают основные транспортно-эксплуатационные показатели сооружения, но не являются критическими. При наличии дефектов категорий Б3, Г3 требуется введение ограничений движения; 4 — критический дефект (Б4, Д4, Г4), к этой категории относятся дефекты, создающие угрозу обрушения конструкций, потери несущей способности отдельных элементов и др., при наличии которых эксплуатация мостового сооружения либо невозможна без введения жестких ограничений, например закрытие движения по полосам, либо вовсе не допустима.

В некоторых случаях определенные совокупности дефектов, каждый из которых при отдельном его рассмотрении является малозначительным, могут

быть эквивалентны значительному или даже опасному дефекту и должны быть отнесены к соответствующей категории. Совокупности же значительных дефектов или значительных с малозначительными дефектами аналогичным образом могут быть эквивалентны опасному или критическому дефекту.

Категория дефекта по ремонтпригодности (Р) указывает на техническую возможность или экономическую целесообразность устранения дефекта, на необходимость проектной проработки для его устранения, сложность ремонта элемента или конструкции. Категория дефекта по ремонтпригодности назначается с учетом Классификации работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования:

Р1 — к этой категории относятся легко устранимые дефекты, связанные, как правило, с недостатками текущего содержания. Работы по устранению данных дефектов входят в состав работ по нормативному содержанию;

Р2 — к этой категории относятся дефекты, устранение которых может быть выполнено на основании ведомостей дефектов и смет, без специальной проектной проработки, но работы по их устранению не входят в состав нормативных работ по содержанию. Устранение таких дефектов, как правило, выполняется в рамках сверхнормативного содержания;

Р3 — к этой категории относятся дефекты, устранение которых затруднительно, например, требуются опалубочные работы, подмащивание, замена отдельных деталей или частей элемента, выполнение усиления и т.д. Устранение таких дефектов требует предварительной проектной проработки и выполняется в ходе ремонта или капитального ремонта;

Р4 — к этой категории относятся неустраняемые дефекты, т. е. такие дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно. Для приведения сооружения в исправное состояние требуется замена конструкции, в которой имеются эти дефекты. Устранение таких дефектов следует выполнять по специальному проекту, предусматривающему замену дефектной конструкции.

Общая оценка технического состояния (обобщенный показатель состояния) сооружения, назначаемая экспертом по совокупности дефектов, может иметь одну из пяти категорий состояния (хорошее; посредственное; неудовлетворительное, или ограниченно работоспособное; предаварийное, или частично работоспособное и аварийное, или неработоспособное).

Оценку (балл) технического состояния по грузоподъемности сооружения определяют по формуле

$$K_r = K_r^{\text{баз}},$$

где $K_r^{\text{баз}}$ — базовая оценка грузоподъемности сооружения, определенная расчетом. При снижении класса фактической грузоподъемности ($Q_{\text{ф}}$) относительно расчетных нагрузок А-11 и НК-80 ($Q_{\text{тр}}$), выражаемом через коэффициент снижения $K = Q_{\text{ф}} / Q_{\text{тр}}$: $K_r^{\text{баз}} = 4$ при $1 \geq K \geq 0,9$; $K_r^{\text{баз}} = 3$ при $0,9 > K \geq 0,8$; $K_r^{\text{баз}} = 2$ при $0,8 > K \geq 0,4$; $K_r^{\text{баз}} = 1$ при $K < 0,4$.

Оценку (балл) технического состояния по безопасности движения для сооружения определяют по формуле

$$K_6 = K_6^{\text{баз}} - (n_I \alpha_I + n_{II} \alpha_{II} + n_{III} \alpha_{III}),$$

где $K_6^{\text{баз}}$ — базовая оценка безопасности движения по сооружению, определенная дефектом наибольшей категории по безопасности, который обнаружен на искусственном сооружении.

$$K_6^{\text{баз}} = 5 - KD_6^{\text{max}}.$$

Здесь KD_6^{max} — максимальная категория по безопасности у дефектов, обнаруженных на сооружении. При определении KD_6^{max} дефекты категории Б0 приравниваются к дефектам категории Б1. С учетом того, что категории дефектов могут иметь значения 1, 2 или 3, базовая оценка по безопасности $K_6^{\text{баз}}$ может иметь соответственно значения 4, 3 или 2. В случае, если базовая оценка грузоподъемности сооружения $K_r^{\text{баз}} = 1$, базовая оценка по безопасности принимается равной $K_6^{\text{баз}} = 2$, независимо от наличия или отсутствия каких-либо других неисправностей;

n_I, n_{II}, n_{III} — количество дефектов соответственно первой, второй и третьей категорий по безопасности;

$\alpha_I, \alpha_{II}, \alpha_{III}$ — коэффициенты, учитывающие опасность дефектов соответственно первой, второй и третьей категорий и имеющие величины 0,01; 0,03; 0,1. То есть это можно интерпретировать следующим образом. Если дефектов III категории два и более, то 2-й и последующие дефекты III категории приравниваются по своему влиянию к десяти дефектам I категории. Или один дефект II категории приравнивается к трем дефектам I категории.

Итоговая оценка (балл) по безопасности определяется не только наличием дефекта с худшей категорией, а учетом и всех прочих дефектов, оказывающих в той или иной мере влияние на безопасность движения.

Оценку (балл) технического состояния по долговечности сооружения определяют по формуле

$$K_d = K_d^{\text{баз}},$$

где $K_d^{\text{баз}}$ — базовая оценка долговечности сооружения, определенная дефектом наибольшей категории по долговечности, который обнаружен на искусственном сооружении. При определении KD_d^{max} дефекты категории Д0 приравниваются к дефектам категории Д1.

$$K_d^{\text{баз}} = 5 - KD_d^{\text{max}}.$$

Здесь KD_d^{max} — максимальная категория по долговечности у дефектов, обнаруженных на сооружении. С учетом того, что категории могут иметь значения 1, 2 или 3, базовая оценка по безопасности $K_d^{\text{баз}}$ может иметь соответственно значения 4, 3 или 2.

Оценку (балл) технического состояния по ремонтпригодности сооружения определяют по формуле

$$K_p = K_p^{\text{баз}} - (n_I \beta_I + n_{II} \beta_{II} + n_{III} \beta_{III}),$$

где $K_p^{\text{баз}}$ — базовая оценка ремонтпригодности сооружения, определенная дефектом наибольшей категории по ремонтпригодности сооружения, который обнаружен на искусственном сооружении. В случае, если базовая оценка грузоподъемности сооружения $K_r^{\text{баз}} \leq 2$, базовая оценка ремонтпригодности принимается равной $K_p^{\text{баз}} = 2$, независимо от наличия или отсутствия каких-либо других неисправностей;

$$K_p^{\text{баз}} = 5 - KD_p^{\text{max}}.$$

Здесь KD_p^{max} — максимальная категория по ремонтпригодности у дефектов, обнаруженных на сооружении. С учетом того, что категории могут иметь значения 1, 2 или 3, базовая оценка по ремонтпригодности $K_p^{\text{баз}}$ может иметь соответственно значения 4, 3 или 2;

n_I, n_{II}, n_{III} — количество дефектов соответственно первой, второй и третьей категорий по ремонтпригодности;

$\beta_I, \beta_{II}, \beta_{III}$ — коэффициенты, учитывающие ремонтпригодность дефектов соответственно первой, второй и третьей категорий и имеющие величины 0,01; 0,03; 0,1.

Обобщенную балльную оценку технического состояния $K_{об}$ определяют по формуле

$$K_{об} = K_{г}a_{г} + K_{б}a_{б} + K_{д}a_{д} + K_{р}a_{р},$$

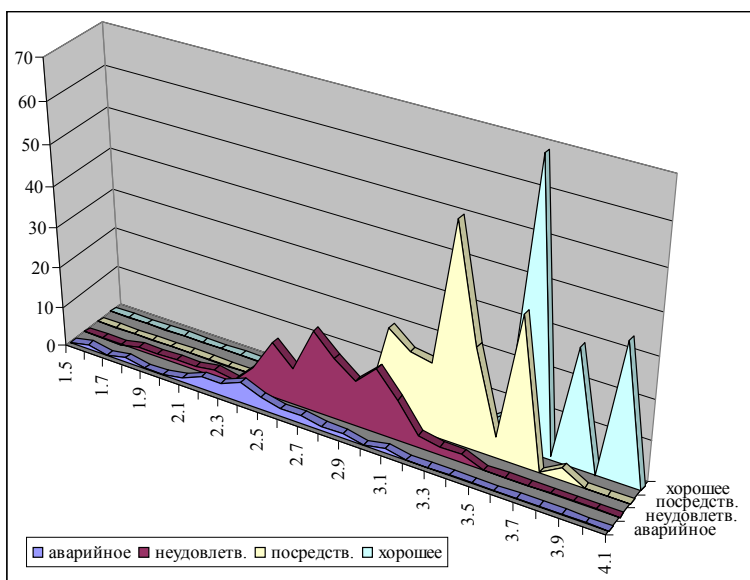
где $K_{б}, K_{д}, K_{г}, K_{р}$ — приведенные балльные оценки соответственно по безопасности, долговечности, грузоподъемности и ремонтпригодности; $a_{г}, a_{б}, a_{д}, a_{р}$ — соответствующие весовые коэффициенты, имеющие следующие величины — 0,3; 0,3; 0,2; 0,2. То есть если каждая из приведенных оценок имеет максимальное значение — 4, то и обобщенная оценка будет равна 4. Если какая-то из приведенных оценок будет снижена, то соответственно значимости этой оценки понизится и обобщенная оценка. Величины весовых коэффициентов назначены экспертно.

Таким образом, в итоге получаем 4 приведенные (частные) балльные оценки состояния сооружения по безопасности, долговечности, грузоподъемности и ремонтпригодности и одну интегральную обобщенную оценку, объединяющую приведенные оценки.

Очевидно, что величины этих балльных оценок характеризуют то или иное состояние сооружения, которое можно интерпретировать привычными терминами «хорошее», «посредственное», «неудовлетворительное», «аварийное» (см. таблицу).

Зависимость состояния сооружения от обобщенной балльной оценки

Обобщенная балльная оценка $K_{об}$	Состояние сооружения
$K_{об} \geq 3,5$	«Хорошее»
$3,5 > K_{об} \geq 3,0$	«Посредственное»
$3,0 > K_{об} \geq 2,5$	«Неудовлетворительное»
$K_{об} < 2,5$	«Возможна аварийность»



Распределение экспертных оценок состояния относительно обобщенных балльных оценок

Представленное соответствие диапазонов значений обобщенной балльной оценки одной из четырех категорий состояния получено по результатам статистической обработки итогов более 1000 обследований, в ходе которых информация по дефектности вводилась в базу данных и обрабатывалась по приведенной методике, а опытные специалисты, проводившие обследование, представляли каждому сооружению собственную экспертную оценку (см. рисунок).

Однозначный же вывод об аварийности сооружения может быть сделан только высококвалифицированным экспертом. Поэтому низкое значение балльной оценки следует расценивать только как повышенную вероятность наступления аварийного состояния.

Отнесение сооружения к категории «неудовлетворительное», «предаварийное» или «аварийное» является основанием для включения в план капитального ремонта, нового строительства или реконструкции. Поддержание транспортно-эксплуатационного и технического состояния сооружений, отнесенных к более высоким категориям, должно осуществляться мероприятиями планово-предупредительного ремонта. Акт в обязательном порядке включает рекомендации о целесообразности ремонта того или иного вида с перечнем необходимых работ.

К наиболее значимым НИОКР, выполненным лабораторией в 2006–2008 гг., можно отнести следующие: 1) разработку методики определения условий пропуска тяжеловесной нагрузки по мостовым сооружениям с разработкой программного обеспечения по решению задачи условий пропуска нагрузки в рамках автоматизированной системы содержания искусственных сооружений АИС ИССО; 2) разработку модуля автоматизированной системы расчета и планирования затрат на нормативное и сверхнормативное содержание мостовых сооружений в рамках автоматизированной системы содержания искусственных сооружений АИС ИССО; 3) определение надежности массивных сборно-монолитных опор мостов, построенных по типовым проектам инв. № 443/1 и инв. № 238 на автомобильных дорогах Новосибирской области с разработкой рекомендаций по их усилению; 4) расчетное обоснование возможности использования железобетонных балок по проекту 3.503.-73М и 3.503.1-81 при проектировании пролетных строений под нагрузки А14, Н14; 5) формирование данных для решения задачи условия пропуска нагрузок по мостовым сооружениям в рамках автоматизированной информационной системы содержания искусственных сооружений АИС ИССО. Назначение режимов эксплуатации мостовых сооружений на автодорогах по условиям грузоподъемности.

Библиографический список

1. *СНиП 3.06.07–86*. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. 40 с.
2. *Инструкция* по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. ВСН 4-81 / Минавтодор РСФСР. М., 1990. 36 с.
3. *Временная инструкция* по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах / Росавтодор. М., 2003. 119 с.
4. *ВСН 32.89*. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов. М.: Транспорт, 1991. 166 с.
5. *ОДН 218.0.032.2003*. Временное руководство по определению грузоподъемности. М.: Росавтодор, 2003. 115 с.
6. *ОДН 218.017.2003*. Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций. М.: Минтранс РФ, 2003. 38 с.