

Список цитированных источников

1. Лазовский Д.Н. Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. - Новополоцк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та – 1998, 245с.
2. Пецольд Т.М., Лазовский Д.Н. Расчет усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. - Бетон и железобетон. - 1998, №6, (начало).
3. Пецольд Т.М., Лазовский Д.Н. Расчет усиления железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений. - Бетон и железобетон. - 1999, №1,(окончание).
4. Лазовский Д.Н., Тур В.В., Глухов Д.О., Лазовский Е.Д. Учет ползучести и усадки бетона по СП 5.03.01-2020 при расчете железобетонных конструкций на основе деформационной расчетной модели. - Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Технические науки (строительство, машиностроение, геоэкология). Экономические науки. 2021г., №2(125), С.7-12.
5. Лазовский Д.Н., Глухов Д.О., Лазовский Е.Д. Общий метод расчета прочности и деформаций на основе нелинейной деформационной модели косо сжатых колонн, усиленных железобетонной обоймой. -Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки.- 2021г., №16(30).-С.72-79.

References

1. Lazovskiy D.N. Usileniye zhelezobetonnykh konstruksiy ekspluatiruyemykh stroitel'nykh sooruzheniy.- Novopolotsk: Izd-vo Polotskogo. un-ta – 1998, 245s.
2. Petsol'd T.M., Lazovskiy D.N. Raschet usileniya zhelezobetonnykh konstruksiy ekspluatiruyemykh stroitel'nykh sooruzheniy.- Beton i zhelezobeton. - 1998, №6, (nachalo).
3. Petsol'd T.M., Lazovskiy D.N. Raschet usileniya zhelezobetonnykh konstruksiy ekspluatiruyemykh stroitel'nykh sooruzheniy. - Beton i zhelezobeton. - 1999, №1,(okonchaniye).
4. Lazovskiy D.N., Tur V.V., Glukhov D.O., Lazovskiy Y.D. Uchet polzuchesti i usadki be-тона po SP 5.03.01-2020 pri raschete zhelezobetonnykh konstruksiy na osnove defor-matsionnoy raschetnoy modeli. - Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo uni-versiteta. Seriya: Tekhnicheskkiye nauki (stroitel'stvo, mashinostroyeniye, geoekologiya). Ekonomicheskkiye nauki. 2021g., №2(125), S.7-12.
5. Lazovskiy D.N., Glukhov D.O., Lazovskiy Y.D. Obshchiy metod rascheta prochnosti i de-formatsiy na osnove nelineynoy deformatsionnoy modeli koso szhatykh kolonn, usilennykh zhelezo-betonnoy oboymoy. -Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnyye nauki.- 2021g., №16(30).-S.72-79.

УДК 624.21.03

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО НОРМАМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В. Н. Дедок¹

*¹Старший преподаватель кафедры «Геотехника и транспортные коммуникации»
УО «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь, e-mail : vladzimir@dziadok.com*

Реферат

В статье приведены результаты сравнительного анализа основных положений проведения диагностики и оценки технического состояния и эксплуатационной надежности мостовых сооружений, установленных нормативно-технической документацией в Республике Беларусь и Российской Федерации.

Ключевые слова: диагностика, обследование, мостовые конструкции, техническое состояние, категории, грузоподъемность.

FEATURES OF THE ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES STRUCTURES ON THE NARM OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND THE RUSSIAN FEDERATION

V. N. Dedok

Abstract

The article presents the results of a comparative analysis of the main provisions of diagnostics and evaluation of the technical condition and operational reliability of bridge structures established by regulatory and technical documentation in the Republic of Belarus and the Russian Federation.

Keywords: diagnostics, inspection, bridge structures, technical condition, categories, load capacity.

Введение

Целью диагностики мостовых сооружений является своевременное выявление и устранение дефектов конструктивных элементов мостового сооружения, а также снижение риска возникновения дорожно-транспортных происшествий и обеспечение сохранности мостового сооружения, определение потребности в ремонтных мероприятиях, создание в процессе эксплуатации безопасных условий перевозки грузов и пассажиров по мостовому сооружению в течение установленного срока службы.

Основной задачей диагностики мостовых сооружений на дорогах общего пользования является получение актуальной и достоверной информации о параметрах и уровне эксплуатационного состояния для оценки соответствия условий эксплуатации требованиям технических нормативных правовых актов, требованиям безопасности [1].

Оценка технического состояния и эксплуатационной надежности сооружения должна производиться путем всестороннего анализа данных, полученных при обследованиях и испытаниях в соответствии с требованиями ТНПА [2] Рекомендации по анализу и оценке полученных при обследованиях данных приведены в приложении В.

Полученные при обследованиях данные контрольных измерений и съемок необходимо проверить на соответствие требованиям ТНПА на проектирование и содержание мостов, а также сравнить их с результатами предшествующих обследований. При анализе должна быть проведена оценка влияния зафиксированных отклонений на эксплуатационные характеристики сооружения.

Выявленные при обследовании дефекты и повреждения следует оценивать по их влиянию на грузоподъемность и долговечность сооружения, а также на безопасность пропуска транспортных средств и пешеходов.

Определение грузоподъемности по данным обследований и испытаний мостовых сооружений следует выполнять, руководствуясь действующими ТНПА на определение грузоподъемности мостов [3].

По материалам обследований и испытаний, а также по результатам оценки расчетной грузоподъемности сооружения должны разрабатываться меры по обеспечению нормальной и безопасной эксплуатации.

В зависимости от характера, значимости и распространения обнаруженных дефектов, повреждений и несоответствий требованиям ТНПА на проектирование и содержание мостов следует предусматривать проведение ремонтов, усиление отдельных элементов, введение ограничений для обращающихся нагрузок (в том числе уменьшение количества рядов или увеличение интервалов между транспортными единицами на автодорожных и городских мостах), ограничение скорости движения транспортных средств и др.

1 Оценка технического состояния мостовых сооружений по СУСМ «Бел-мост»

Суть оценки сводится к получению осредненного показателя состояния мостового сооружения исходя из имеющихся дефектов на сооружении и степени их влияния на конструкцию мостового сооружения в целом.

Оценка состояния мостового сооружения определяется в два этапа. На первом этапе определяется оценка состояния мостового сооружения по имеющимся дефектам, на втором этапе определяется общая (фактическая) оценка состояния мостового сооружения с учетом соответствия нормативным требованиям основных транспортно-эксплуатационных характеристик (габарита проезжей части и грузоподъемности мостового сооружения).

В качестве количественной оценки состояния мостового сооружения «R» принимается балльная шкала от 1 до 7. При этом весомость элемента сооружения имеет безразмерный коэффициент W с градацией от 4 до 10.

Уровни состояния мостовых сооружений характеризуются следующими оценками и описаниями:

- «высокий» (от 6 до 7 баллов включительно) - на сооружении имеются незначительные, легко устранимые содержанием дефекты: может потребоваться покраска, устранение дефектов опорных частей, заделка небольших трещин или сколов опор и фундаментов и т.п.;

- «средний» (от 4 до 5,99 баллов включительно) - умеренные повреждения несущих и других конструктивных элементов сооружения. Возможен неопасный размыв у опор. Требуется незначительный текущий ремонт мостового полотна, пролетных строений, опор и т.п.;

- «допустимый» (от 3 до 3,99 баллов включительно) - обнаружены существенные повреждения всех или некоторых несущих элементов мостового сооружения. Имеются разрушения бетона с обширными обнажениями рабочей арматуры. Возможны ограничения грузоподъемности. Могут быть обнаружены существенные размывы у опор. Необходим текущий или капитальный ремонт сооружения;

- «недопустимый» (от 1 до 2,99 баллов включительно) - основные несущие элементы сооружения в плохом состоянии, имеются критические дефекты. Мостовое сооружение утратило требуемую грузоподъемность, и необходимо ограничение по пропускаемой нагрузке со снижением скорости проезда, а также проведение ремонтных мероприятий по усилению основных несущих конструкций сооружения. Возможен размыв опор с потерей устойчивости. Необходим капитальный ремонт или реконструкция мостового сооружения.

В случае наличия дефектов, вызывающих аварийное состояние (приложение В)[1], уровень состояния мостового сооружения определяется, как «недопустимый».

Перечень элементов мостового сооружения, подлежащих обязательной оценке, определяется в соответствии с приложением А [1].

Объем дефекта обязательно фиксируют в карточке моста. Оценка состояния рассчитывается автоматически после занесения данных карточек в базу данных «Белмост».

2 Особенности оценки технического состояния мостовых сооружений в Российской Федерации по ОДМ 218.3.014-2011

Общую оценку технического состояния мостового сооружения выражают категорией технического состояния, которую назначают с учетом совокупности подверженных изменению в процессе эксплуатации основных свойств мостового сооружения, а также частными оценками технического состояния по критерию **«безопасность эксплуатации», по безотказности (грузоподъемности) и долговечности** [4]. Каждая категория технического состояния качественно отражает уровень надежности мостового сооружения, а частные оценки отражают качественное соответствие отдельно по каждому свойству.

Мостовое сооружение по результатам технического диагностирования относят к одной из следующих шести возможных категорий технического состояния.

К категории **«отличное техническое состояние»** относят мостовые сооружения, соответствующие всем требованиям нормативной и конструкторской (проектной) документации, с учетом перспективы развития транспортных средств и дорожной сети.

К категории **«хорошее техническое состояние»** относят мостовые сооружения, у которых все основные конструкции имеют исправное состояние, при этом значения одного или нескольких параметров технического состояния мостового сооружения могут не в полной мере соответствовать установленным действующим нормативным документам, но при этом в конкретных условиях эксплуатации не нарушаются основные функциональные свойства мостового сооружения.

К категории **«удовлетворительное техническое состояние»** относят мостовые сооружения, основные функциональные свойства которых частично нарушены, но при этом все основные конструкции находятся в работоспособном состоянии, обеспечивается безопасный пропуск всех обращающихся автомобилей со скоростями не ниже уровня, установленного экономическими соображениями, и возможные затруднения движения транспортных средств носят только кратковременный характер. Ремонтные мероприятия для сооружений, имеющих удовлетворительное техническое состояние, организуют в плановом порядке.

К категории **«неудовлетворительное техническое состояние»** относят мостовые сооружения, имеющие в основных конструкциях значительные дефекты по грузоподъемности, по безопасности и долговечности. Мостовое сооружение с неудовлетворительной оценкой технического состояния способно только частично выполнять требуемые функции, нормальная эксплуатация нарушена, но при этом критический отказ, в результате которого одна или несколько основных конструкций могут перейти в предельное состояние первой группы и вызвать

аварию, в настоящее время маловероятен. Безопасность эксплуатации для сооружений с данной оценкой технического состояния может быть обеспечена регулированием движения дорожными знаками. Введение ограничений движения нарушает их нормальную эксплуатацию. Сооружениям с неудовлетворительной оценкой технического состояния в первоочередном порядке необходим ремонт, капитальный ремонт или реконструкция.

К категории **«непригодное для нормальной эксплуатации (или предаварийное) техническое состояние»** относят мостовые сооружения, имеющие непригодное для нормальной эксплуатации состояние, или имеющие предаварийное состояние, при котором в случае продолжения неблагоприятных воздействий может произойти авария. К этой категории относят и такие сооружения, по которым безопасный пропуск автомобилей не может быть гарантирован введением различных ограничений движения путем установки дорожных знаков, требуется принудительное регулирование режима эксплуатации, например, запрещение движения по полосам, введение реверсивного движения и др. Мостовые сооружения, отнесенные к данной категории, требуют срочных восстановительных ремонтных мероприятий. Данную категорию технического состояния присваивают мостовым сооружениям, имеющим в основных конструкциях, как правило, опасные дефекты по грузоподъемности, безопасности, долговечности. Для сооружений в предаварийном состоянии может быть установлен специальный режим контрольных мероприятий вплоть до проведения ежедневного осмотра.

К категории **«аварийное техническое состояние»** относят мостовые сооружения, имеющие признаки аварийного состояния, свидетельствующие о возможности потери устойчивости, разрушения или обрушения конструкций или части конструкции, или у которых уже установлен факт наступления предельного состояния первой группы. Аварийное техническое состояние присваивают мостовым сооружениям, имеющим в основных несущих конструкциях критические дефекты, исключающие дальнейшую эксплуатацию мостового сооружения до их устранения. При выявлении аварийного состояния мостового сооружения требуется незамедлительное закрытие движения. Более подробные характеристики категорий технического состояния мостовых сооружений приведены в приложении Б [4].

При отнесении мостового сооружения к одной из шести возможных категорий технического состояния учитывают характеристики категорий, приведенные в приложении Б[4], а также следующие показатели:

- обобщенный показатель технического состояния мостового сооружения $K_{об}$;
- показатель вида ремонтного воздействия K_p ;
- показатель габарита проезда $K_{пч}$;
- показатель габарита проходной части $K_{тр}$;
- показатель подмостового габарита $K_{пт}$;
- класс нормативной нагрузки $K_{АК}$;
- класс эталонной нагрузки одиночных транспортных средств $K_{НК}$.

Техническое состояние мостового сооружения **по безопасности** выражают показателем по безопасности K_B . При оценке безопасности учитывают два параметра - параметр дефектности по безопасности V_B и коэффициент снижения расчетной скорости V_p .

Техническое состояние отдельных основных конструкций мостового сооружения по долговечности выражают частными показателями по долговечности K_d . При оценке долговечности отдельной конструкции учитывают параметр дефектности по долговечности V_d и условия соответствия. В необходимых случаях оценивают остаточный срок службы элементов. При оценке технического состояния мостового сооружения по долговечности в целом рассматривают показатель минимальной долговечности мостового сооружения $K_d^{мин}$, показатель средней долговечности мостового сооружения $K_d^{ср}$ и показатель технического состояния по долговечности мостового сооружения K_d .

Техническое состояние мостового сооружения по безотказности (грузоподъемности) выражают показателем по грузоподъемности K_r

Показатели технического состояния по безопасности, грузоподъемности, долговечности, показатель вида ремонтного воздействия, обобщенный показатель дефектности, параметр дефектности по безопасности, коэффициент снижения расчетной скорости, параметр дефектности по долговечности и коэффициент ремонтнопригодности, при необходимости, используют в качестве самостоятельных оценок при ранжировании мостовых сооружений, отдельно по каждому свойству или характеристике. Для ранжирования мостовых сооружений по степени дефектности по трем основным свойствам может использоваться обобщенный параметр дефектности мостового сооружения $V_{об}$.

3 Оценка технического состояния мостового сооружения по критерию «безопасность эксплуатации»

Безопасность эксплуатации мостового сооружения определяется: безопасностью дорожного движения по сооружению; безопасностью движения под сооружением; безопасностью прохода пешеходов; механической безопасностью основных конструкций; иными условиями, определяющими отсутствие угрозы причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений.

Техническое состояние мостового сооружения по критерию «безопасность эксплуатации» характеризуют показателем технического состояния по безопасности K_b , который выражают целыми числами от 0 до 5. Данному показателю присваивают значение в соответствии с основными признаками технического состояния по критерию «безопасность эксплуатации». Признаками технического состояния по критерию «безопасность эксплуатации» являются:

- качественные условия соответствия технического состояния мостового сооружения по безопасности;

- коэффициент снижения расчетной скорости K_v ;

- параметр дефектности по безопасности мостового сооружения V_B .

Показатель технического состояния по безопасности используют в качестве самостоятельной оценки при ранжировании мостовых сооружений по в группам.

Коэффициентом снижения расчетной скорости характеризуют условия безопасности дорожного движения по мостовому сооружению, его значение в целом для мостового сооружения определяют по формуле

$$K_v = [V] / V_p, \quad (1)$$

где K_v - коэффициент снижения расчетной скорости;

$[V]$ - максимальная безопасная скорость легкового автомобиля с обеспеченностью 0,95;

V_p - расчетная скорость движения, для соответствующей категории автомобильных дорог.

Параметром дефектности по безопасности мостового сооружения B_B учитывают совокупность имеющихся дефектов, оказывающих влияние на безопасность эксплуатации мостового сооружения. При определении параметра B_B , кроме дефектов, оказывающих влияние на безопасность дорожного движения по сооружению, рассматривают дефекты и конструктивные особенности сооружения и пересекаемых препятствий, оказывающие влияние на безопасность дорожного движения под сооружением, безопасность прохода пешеходов, механическую безопасность основных конструкций и иные условия безопасности, в частности: соответствие габаритов приближения конструкций на проезжей части, пешеходных проходах и под мостовым сооружением; наличие дефектов покрытия на пешеходных проходах; наличие дефектов перильных ограждений; наличие дефектов лестничных сходов; наличие дефектов, создающих угрозу разрушения и обрушения конструкций; наличие дефектов, создающих угрозу падения различных предметов, обломков элементов и т.д. на транспортные пути, проходящие под мостовым сооружением.

Параметр дефектности по безопасности используют при вычислении обобщенного параметра дефектности мостового сооружения и при оценке технического состояния мостового сооружения по критерию «безопасность эксплуатации». Параметр дефектности по безопасности может быть также использован в качестве самостоятельного параметра при ранжировании мостовых сооружений по степени соответствия требованиям безопасности.

Показатель габарита проезда, показатель габарита прохожей части и показатель подмостового габарита используют при назначении категории технического состояния мостового сооружения. Кроме этого, значения этих показателей дают дополнительную возможность ранжирования группы мостовых сооружений по степени соответствия габаритов приближения требованиям. Показатели габаритов проезда и прохожей части включают в себя не только ширину проезда и прохода, а габариты приближения в целом. При несоответствии габаритов приближения требованиям, норм вводят ограничения движения путем установки дорожных знаков, ограничивающих линейные параметры.

4 Оценка технического состояния мостового сооружения по безотказности (грузоподъемности)

Условия обеспечения надежности мостового сооружения состоят в том, чтобы расчетные значения усилий, деформаций, напряжений, перемещений, раскрытия трещин не превышали соответствующих им предельных значений, установленных нормами проектирования, а также в обеспечении соответствия нормативным конструктивным требованиям. Основным свойством надежности мостовых сооружений является их безотказность. Показателем безотказности мо-

стовых сооружений является невозможность превышения в них предельных состояний при действии наиболее неблагоприятных сочетаний расчетных нагрузок в течение расчетного срока службы. Безотказность мостового сооружения определяется расчетами грузоподъемности по первой группе предельных состояний, предусматривающими систему коэффициентов надежности по материалам, нагрузкам, условию работы и ответственности сооружения.

Основными параметрами грузоподъемности мостового сооружения являются классы по грузоподъемности, определяющие наибольшую величину нормативных временных и эталонных автомобильных нагрузок, при которых наступает предельное состояние первой группы у наиболее слабой несущей конструкции с учетом ее дефектности и фактического состояния.

Техническое состояние мостового сооружения по грузоподъемности характеризуют соответствующим показателем - показателем технического состояния по грузоподъемности K_r . Определяющими параметрами показателя по грузоподъемности являются проектные нормативные нагрузки и минимальные фактические классы, полученные по результатам расчетов по первой группе предельных состояний, с учетом влияния на грузоподъемность имеющихся дефектов в элементах сооружения и при фактических постоянных нагрузках, действующих на момент обследования, и выраженные в классах нормативных нагрузок.

Показатель по грузоподъемности используют при вычислении обобщенного показателя технического состояния мостового сооружения, обобщенного параметра дефектности мостового сооружения, а также в качестве самостоятельной оценки мостового сооружения по грузоподъемности. При недостаточной грузоподъемности мостового сооружения по нормативным нагрузкам АК и НК обычно вводят ограничение по массе транспортных средств и (или) ограничение по массе на ось транспортного средства.

Выводы

1. Существующие подходы в оценке технического состояния конструкций и мостового сооружения в целом по техническим нормам, действующим в Республике Беларусь и Российской Федерации, имеют схожие направления.

2. В соответствии с ОДМ 218.3.014-2011 используемом в Российской Федерации для оценки технического состояния мостовых сооружений, техническое состояние мостового сооружения выражают шестью **категориями технического состояния**. Категорию технического состояния назначают с учетом совокупности подверженных изменению в процессе эксплуатации основных свойств мостового сооружения, а также частными оценками технического состояния по критерию «**безопасность эксплуатации**», по «**безотказности**» (грузоподъемности) и «**долговечности**».

3. Оценка состояния мостового сооружения по нормам действующим в Республике Беларусь определяется по имеющимся дефектам с учетом соответствия нормативным требованиям основных транспортно-эксплуатационных характеристик (габарита проезжей части и грузоподъемности мостового сооружения). В качестве количественной оценки состояния мостового сооружения «R» принимается балльная шкала, на основании которой установлено четыре **уровня состояния мостовых сооружений**.

Список цитированных источников

1. Мосты автодорожные. Правила выполнения диагностики: ТКП 227-2018 (33200). – Минск, 2018 – 118 с.
2. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний: ТКП 45-3.03-60-2009 (02250). – Минск, 2009 г. – 29 с.
3. Правила определения грузоподъемности железобетонных и сталежелезобетонных балочных пролетных строений автодорожных сооружений. ТКП 479-2019. – Минск, 2019. – 248 с.
4. Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). ОДМ 218.3.014-2011. – Москва, 2013. – 80 с.

References

1. Road bridges. Rules for performing diagnostics: ТКП 227-2018 (33200). – Minsk, 2018 – 118 p.
2. Bridges and pipes. Rules of surveys and tests: ТКП 45-3.03-60-2009 (02250). – Minsk, 2009 – 29 p.
3. Rules for determining the load capacity of reinforced concrete and steel-reinforced concrete girder superstructures of road structures. ТКП 479-2019. – Minsk, 2019. – 248 p.
4. Methodology for assessing the technical condition of bridge structures on highways. Federal Road Agency (Rosavtodor). ODM 218.3.014-2011. – Moscow, 2013. – 80 p.

УДК 624.012

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА И «МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВАНИИ

А. Е. Желткович¹, В. В. Молош², К. Г. Пархоц³, Н. Г. Савейко⁴

¹Доцент, к.т.н., доцент, Брестский Государственный Технический Университет, Беларусь, e-mails: gelprek@mail.ru

²Доцент, к.т.н., доцент, Брестский Государственный Технический Университет, Беларусь, e-mails: m.vic@rambler.ru

³Инженер-программист, Беларусь, e-mails: konstantinparhoc@gmail.com

⁴Инженер-программист, Беларусь, e-mails: nick-2009@live.ru

Реферат

В статье проиллюстрирована возможность конвергенции механики, нейротехнологии и биоподобных технологий. Показана возможность применения, в задачах связанных с проектированием, мягких вычислений (soft-computing). В работе представлены результаты самонапряжений в плите на основании, полученные с помощью нейросети объединённой в систему с генетическим алгоритмом. Рассмотрена возможность оптимизации геометрических параметров плиты при заданных или изменяемых входных данных (прочность, самонапряжение, и др.) путем включения/отключения искусственных генетических признаков. Показано, что для описания состояния конструкции, где кинетика формирования бетонной структуры подчиняется нелинейным зависимостям, применение нейротехнологий и генетических алгоритмов наиболее оправдано. В статье описан процесс разработки нейронной сети и генетического алгоритма, обсуждается вопрос качества полученных решений.