

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

DOI 10.15593/2409-5125/2017.03.07

УДК 624.012

И.Л. Тонков, Ю.Л. Тонков

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Строительные конструкции и элементы, в отличие от простых систем, могут иметь несколько состояний, соответствующих эксплуатационной пригодности. Оценка технического состояния строительных конструкций является важнейшим этапом в подготовке решений о необходимости проведения мероприятий по приведению строительного объекта к дальнейшей нормальной безопасной эксплуатации. Как показывает практика, в установлении степени эксплуатационной пригодности (категории технического состояния) возникают затруднения даже у опытных специалистов, обусловленные наличием ряда проблем в решении этой задачи.

Рассматриваются проблемы принятия решения по оценке технического состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий. Основные вопросы касаются наличия большого количества информативных признаков технического состояния конструкций, влияния человеческого фактора, невозможности точного измерения многих контролируемых параметров, отсутствие структурных моделей и алгоритмов, позволяющих последовательно увязать решения на различных этапах оценки, отсутствие единых типов шкал измерений дефектов и повреждений, единой шкалы категорий технических состояний в нормативных документах и др. Среди путей их преодоления предлагается совершенствование методики оценки технического состояния конструкций, направленное на получение альтернативных решений автоматизированными способами с визуализацией результатов.

Ключевые слова: экспертная система, строительная конструкция, техническое состояние, проблемы оценки.

Под *техническим состоянием* понимается совокупность свойств здания (сооружения) или его элементов (конструкций), характеризующая в определенный момент времени признаками, установленными норматив-

Тонков И.Л., Тонков Ю.Л. Актуальные проблемы оценки технического состояния строительных конструкций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 3. – С. 94–104. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.03.07

Tonkov I., Tonkov Yu. Actual problems of the technical condition assessment of construction structures. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 3. Pp. 94-104. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.03.07

ной и технической документацией на это здание (сооружение) или его элемент, и отражающая уровень эксплуатационной пригодности. Техническое состояние подвержено изменению в процессе строительства, ремонта или эксплуатации. Последствием изменения технического состояния конструкции является ухудшение количественных значений характеристик работоспособности [1], что, следовательно, влечет за собой снижение *надежности* и *безопасности эксплуатации* не только самой конструкции, но и части или всего объекта в целом. Поэтому техническое состояние является главным критерием в принятии решения о необходимости проведения мероприятий по приведению строительного объекта к дальнейшей безопасной эксплуатации.

Оценка технического состояния конструкций зданий и сооружений относится к числу наиболее сложных и ответственных работ. Под *оценкой технического состояния* понимается установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций или зданий и сооружений в целом, включая состояние грунтов основания, путем сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативными документами. В довольно простом на первый взгляд процессе назначения категории технического состояния обследованной конструкции специалисты с небольшим опытом часто испытывают трудности, имеются разногласия во мнениях и у опытных специалистов. Сложность решения данной задачи обусловлена весьма нечеткими исходными данными, связанными как с приблизительными «лингвистическими» характеристиками входных параметров (например, дефектов конструкции), так и с нечеткостью формулировок категорий технического состояния.

Категории технического состояния конструкции зависят от большого количества качественных (видимые повреждения, наличие дефектов строительства и др.) и количественных информативных признаков (фактические и расчетные величины прогибов, ширина раскрытия трещин, механические характеристики материалов и др.). Качественным признакам (факторам) сложно дать математическое описание. В процессе измерения количественных признаков состояния конструкции всегда присутствует погрешность, нечеткость, связанная с их неопределенностью, поэтому они могут противоречить друг другу, а также противоречить качественным признакам. Опытные специалисты-обследователи знают, что выполнить многократные измерения многих параметров почти невозможно. Это, например, касается измерения геометрических параметров конструкций и сварных соединений, армирования верхних зон изгибаемых железобе-

тонных элементов (балок и плит покрытий и перекрытий), степени повреждения арматуры коррозией, нейтрализации бетона по длине элемента и т.п. Достоверный ответ на вопрос о техническом состоянии конструкции может быть дан только на основе анализа результатов обследования и поверочных расчетов. В идеальном случае признаки, характеризующие состояние конструкции, и результаты поверочных расчетов позволяют отнести техническое состояние конструкции к одной и той же категории. Однако часто возникают затруднения в присвоении категории в ситуациях, когда конструкция имеет признаки снижения несущей способности, но поверочные расчеты это не подтверждают. И наоборот, когда конструкция не имеет признаков снижения несущей способности, характерных, например, для ограниченно работоспособного или аварийного состояния, но по результатам поверочных расчетов конструкцию следует отнести именно к этим категориям. Согласно некоторым литературным источникам состояние конструкции следует считать аварийным, если установлено снижение ее несущей способности более чем наполовину [2]. При этом на практике имеют место случаи, когда фактическая нагрузка в несколько раз превосходит остаточную несущую способность, определяемую по действующим нормам, но конструкция сохраняет целостность, так и случаи обрушения конструкции при вычисленном меньшем снижении несущей способности.

В случаях выявления противоречий между результатами осмотра, измерений и поверочных расчетов, производится дополнительное обследование конструкции, анализируются дефекты и причины их появления, уточняются поверочные расчеты (пересматривают влияние выявленных дефектов, оценивают правильность выбранной расчетной схемы и др.). Несмотря на приложенные усилия по учету влияния всех факторов, окончательное решение часто приходится принимать в условиях неснятых противоречий, по сути интуитивно.

Присвоение категории находится под влиянием человеческого фактора, как правило, является точкой зрения одного человека в конкретный момент времени. Однако готовность человека к воспроизведению информации не постоянна. Она зависит от свойств памяти, физического и эмоционального состояния, времени воспроизведения информации и может различаться по точности, полноте и степени переработки информации. Знания о техническом состоянии строительных конструкций высокоспециализированны, поэтому для эффективного запоминания необходимо многократное повторение заученного материала [3], а на практике это означает накопить опыт. Очевидно, что эксперт, имеющий большой опыт обследования одних видов конструкций, не всегда может применить свои знания на других видах, если он

не имеет достаточного диагностического опыта. Поэтому нередко персонал, ответственный за техническую эксплуатацию строительных объектов, и даже специалисты, профессионально занимающиеся инженерным обследованием зданий и сооружений, не имеют достаточных знаний в некоторых предметных областях для правильной оценки технического состояния. В прошлые годы данная проблема частично компенсировалась функционированием специализированных институтов во многих крупных городах, но в наше время их заменило огромное количество мелких обследовательских фирм с ограниченным штатом сотрудников и скудным оснащением, «хватающихся» за любую работу. В результате конкурентной разобщенности специалистов опыт накапливается в отдельно взятых организациях, обмен опытом носит случайный характер, что затрудняет его систематизацию в целом по отрасли и не способствуют поступательному развитию этой сферы знаний.

Опытные эксперты в области диагностики конструкций зданий и сооружений подчеркивают недостаточность четких рекомендаций по принятию обоснованных решений о техническом состоянии конструкций и зданий в целом, закрепленных в действующих нормативных документах. Отмечается отсутствие связи между нормативными документами, недостаточность сформулированных критериев оценки, немногочисленность и ограниченность признаков отнесения конструкции и здания в целом к той или иной категории технического состояния [4]. При этом признаки установленных нормами категорий технического состояния направлены главным образом на оценку несущих конструкций. На практике же постоянно приходится давать оценку технического состояния такого элемента зданий, как полы, состояние которых серьезно влияет на безопасность людей, особенно на путях эвакуации. Однако признаки того же ГОСТа [1] мало пригодны для оценки технического состояния и полов, и других второстепенных элементов зданий.

Признаки категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений недостаточно проработаны и теоретически, и практически. В спецлитературе не найти пояснений ко многим приведенным признакам технического состояния конструкций. Например, коррозионное повреждение стальной арматуры, вызывающее уменьшение площади ее сечения на 5 %, является признаком ограниченно работоспособного технического состояния железобетонных конструкций, при этом отсутствуют разъяснения, почему именно 5 % является граничным значением.

Отсутствуют структурные модели и алгоритмы, позволяющие последовательно увязать решения на различных этапах оценки технического состояния конструкций. Неопределенность вносит и отсутствие единых

типов шкал измерений дефектов и повреждений, единой шкалы категорий технических состояний в нормативных документах [5], некоторых количественных критериев для отнесения конструкции, здания или сооружения к той или иной категории технического состояния. Фактически же «переход» строительной конструкции из одного технического состояния в другое происходит не «скачкообразно», а через бесконечное множество промежуточных состояний, границы между которыми нераспознаваемы. Все это требует от эксперта при назначении категории технического состояния конструкций принимать волевые решения, увеличивая нежелательную долю субъективности в техническом заключении.

Неотъемлемой частью инженерного обследования являются экспериментальные исследования материалов. В настоящее время широко применяется неразрушающий контроль прочности и дефектов строительных материалов. Надежность результатов неразрушающего контроля во многом зависит от применяемой приборной базы и квалификации специалиста, осуществляющего контроль. Любому измерению физических величин присуща ошибка. Измерения могут быть ложными. Так, значение прочности бетона обследуемой конструкции, определенное поверенными приборами неразрушающего контроля, в ряде случаев существенно отличается от значений прочности бетона, определенных разрушающими методами [6]. Отмечается неопределенность фиксируемых параметров, связанная с приборной составляющей погрешности, которая составляет в среднем от 5 до 15 %, качеством обработки поверхности материала [7], наличием дефектов в зоне измерений, напряженного состояния конструкции, неравномерной прочностью материала и др. Кроме того, не всегда возможно использование приборов из-за их непригодности к условиям проведения испытаний, обусловленных расположением конструкции. Большинство конструкций находятся под слоем производственной пыли и мусора, они могут иметь несколько слоев старого лакокрасочного покрытия [8], штукатурки, продуктов коррозии материалов конструкции и пр. Например, определение прочности бетона в сжатой зоне изгибаемых конструкций обычно вообще технически невозможно, поскольку, как правило, она скрыта сопрягаемыми конструкциями, притом, что прочности бетона сжатой и растянутой зон могут значительно отличаться друг от друга [9].

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что затраченное время на оценку и качество выдвигаемого утверждения о техническом состоянии конструкции в очень большой степени зависит от опыта, квалификации эксперта [2]. Перед экспертом обязательно возникает задача по установлению наиболее значимых признаков из выделенного набора, характери-

зующего состояние конструкции, что требует нечто большее, чем владение общедоступными знаниями. Необходим опыт, развивающий у специалиста индивидуальные, личные знания. Эти знания, называемые эвристическими, в значительной степени состоят из эмпирических правил и позволяют экспертам выдвигать разумные предположения, находить подходы к задачам и эффективно принимать решения при нечетких или неполных данных.

По опыту работы в сфере обследования зданий нередко приходится сталкиваться с низким качеством обследовательских работ, допущенным некоторыми организациями вследствие недобросовестного исполнения. Пытаясь поставить обследовательские работы на поток в условиях жесткой конкуренции, оценку технического состояния конструкций они выполняют по принципу минимизации материальных, финансовых и временных затрат. При таком подходе технические отчеты выполняют с отступлениями от требований действующих нормативных документов, не в полном объеме и с множеством ошибок, неточностей. Следствием такой работы являются искаженные выводы о техническом состоянии. Не имея достаточных знаний и *инструментов* для проверки результатов обследовательских работ, заказчик оказывается введенным в заблуждение. Недостовверная оценка технического состояния – это как минимум материальные убытки или, что еще хуже, неизбежность *аварии* [10].

Сегодня комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров строительных конструкций, характеризующих работоспособность объекта обследования, а также выбор решений о возможности его дальнейшей эксплуатации, об усилении или ремонте, составление программ по проведению этих мероприятий выполняется без применения средств автоматизации. Применение ЭВМ в этой сфере деятельности ограничивается этапами обработки текстовой и графической информации, хранения данных, обработки баз данных, расчета строительных конструкций и обработки результатов испытаний материалов.

Среди путей решения перечисленных проблем отмечают «ревизию» потенциала страны в сфере обеспечения безопасности зданий и сооружений, совершенствования приборов и методов неразрушающего контроля, методов оценки технического состояния конструкций [11]. По нашему мнению, необходимо также применение методов и техники оценки технического состояния эксплуатируемых строительных объектов, ориентированных на компьютерную обработку информации с использованием накопленных консолидированных знаний ученых и специалистов-практиков.

Программы, способные автоматизировать мыслительную деятельность человека, полностью взять на себя функции человека-эксперта или «работать» в качестве ассистента лица, принимающего решение в разрешении проблемной ситуации, называются *экспертными системами* [12, 13]. Появление этих инструментальных средств для манипуляции достоверными и недостоверными данными и упрощения процедуры экспертной оценки стало возможным благодаря достижению некоторого уровня математической формализации в логике, вычислениях и теории вероятностей. В настоящее время перечень методов, моделей и технологий, применяемых для построения экспертных систем, широк и трудно классифицируем. Тем не менее применительно к оценке технического состояния конструкций, на основании изученных исследований в этой предметной области, следует отдельно отметить две модели, использованные в успешно реализованных подходах к построению экспертных систем.

Первый подход [4, 14] предусматривает использование теории вероятностей (рис. 1) и связан с разработкой методов сбора, упорядочения и обработки накопленного за многие годы обследований статистического материала по состояниям и по характерным повреждениям строительных конструкций зданий на основе теоретического аппарата технической диагностики [15].



Рис. 1. Пример визуализации анализа технического состояния железобетонных балок с помощью экспертной системы, использующей вероятностные методы оценки в работе [4]

Второй подход [16, 17] предлагает использование разработанного метода на основе теории нечетких множеств [18–20], позволяющего производить оценку технического состояния конструкций в условиях много-

факторности и неопределенности, посредством методологии системного анализа нечеткой логики. Результаты исследований этой модели (рис. 2) показывают, что применение систем с нечеткими множествами в задачах оценки технического состояния строительных конструкций позволяет не только распознавать состояния, но и конкретизировать их – вычислять четкое значение степени эксплуатационной пригодности.



Рис. 2. Пример визуализации промежуточных значений оценки технического состояния железобетонной балки с использованием теории нечетких множеств в работе [16]

Автоматизация оценки технического состояния конструкций эксплуатируемых зданий и визуализация результатов существенно повышает достоверность и «прозрачность» принимаемых решений, а также формирует адекватное представление реального уровня опасности аварии. Массовое использование автоматизированной оценки технического состояния позволит повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений, являющейся важной составляющей национальной безопасности РФ [21].

Библиографический список

1. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния / ГУП МНИИТЭП. – Введ. 2012-04-12. – М., 2011. – 89 с.
2. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений. – СПб.: Издательский дом KN+, 2000. – 42 с.
3. Карпенко Л.А., Ярошевский М.Г. Эббингауз // История психологии в лицах. Персоналии / под общ. ред. А.В. Петровского. – М.: ПЕР СЭ, 2005. – Т. 6. – 784 с.
4. Соколов В.А. Вероятностный анализ технического состояния (ВАТС) строительных конструкций зданий старой городской застройки: моногр. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: AV Akademikerverlag GmbH & Co., 2013. – 152 p.

5. Соколов В.А. Категории технического состояния строительных конструкций зданий при их диагностике вероятностными методами // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 6-6. – С. 1159–1164.
6. Букин А.В., Патраков А.Н. Определение прочности бетона методами разрушающего и неразрушающего контроля // *Вестник Пермского государственного технического университета. Строительство и архитектура*. – 2010. – №1. – С. 89–94.
7. Улыбин А.В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // *Инженерно-строительный журнал*. – 2011. – № 4. – С. 10–15.
8. Еремин К.И., Матвеюшкин С.А. Особенности экспертизы и НК металлических конструкций эксплуатируемых сооружений // *В мире неразрушающего контроля*. – 2008. – № 4 (42). – С. 4–7.
9. Казачек В.Г. Совершенствование нормируемых методов обеспечения надежности железобетонных конструкций при проектировании и обследовании зданий и сооружений // *Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр.* – М., 2010. – Вып. 9. – С. 65–77.
10. Технические аспекты аварии покрытия бассейна / А.В. Калугин, В.А. Полимонов, В.В. Коркодинов, Л.П. Абашева, Б.И. Десятков // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2011. – № 7-2. – С. 12–14.
11. Еремин К.И. Хроника аварий зданий и сооружений, произошедших в 2009 г. // *Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр.* – М., 2010. – Вып. 9. – С. 5–15.
12. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем / С.-Петерб. гос. ун-т ИТМО. – СПб., 2005. – 93 с.
13. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – М.: Вильямс, 2006. – 1152 с.
14. Соколов В.А. Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания // *Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр.* – М., 2010. – Вып. 9. – С. 375–387.
15. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
16. Кашеварова Г.Г., Тонков Ю.Л. Автоматизированный поиск четкого значения категории технического состояния строительных конструкций в задачах экспертного заключения // *Строительство и реконструкция*. – 2016. – № 6 (68). – С. 57–70.
17. Кашеварова Г.Г., Тонков Ю.Л. Определение технического состояния наклонных сечений железобетонных конструкций в экспертной системе с нечетким логическим выводом // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2015. – Vol. 11, no. 4. – P. 77–85.
18. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // *Математика сегодня*. – М.: Знание, 1974. – № 5. – 49 с.
19. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
20. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы и нейронные сети. – Винница: Универсум-Вінниця, 1999. – 320 с.
21. О необходимости системного подхода к научным исследованиям в области комплексной безопасности и предотвращения аварий зданий и сооружений / В.Н. Пономарев, В.И. Травуш, В.М. Бондаренко, К.И. Еремин // *Архитектура. Строительство. Образование*. – 2014. – № 2 (4). – С. 7–16.

References

1. GOST 31937–2011. Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya [Buildings and constructions. Rules of examination and monitoring of technical condition]. Moscow, 2011, 89 p.
2. Grozdvov V.T. Priznaki avariinogo sostoiianiia nesushchikh konstruksii zdanii i sooruzhenii [Signs of an emergency condition of load-bearing structures of buildings and structures]. Saint Petersburg: Izdatel'skii Dom KN+, 2000, 42 p.
3. Karpenko L.A., Iaroshchevskii M.G. Ebbingauz. Istoriia psikhologii v litsakh. Personalii [History in faces. Personalities]. Ed. A.V. Petrovskii, Moscow, 2005, 784 p.
4. Sokolov V.A. Veroiatnostnyi analiz tekhnicheskogo sostoiianiia (VATS) stroitel'nykh konstruksii zdanii staroi gorodskoi zastroiki [Probabilistic analysis of the technical condition (Watsu) the structures of

buildings of the old city building]. Saarbrücken, Germany: Izd-vo LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: AV Akademikerverlag GmbH& Co. KG. Heinrich, 2013, 152 p.

5. Sokolov V.A. Kategorii tekhnicheskogo sostoianiia stroitel'nykh konstruksii zdaniy pri ikh diagnostike veroiatnostnymi metodami [Categories of technical condition of constructions in their diagnosis by probabilistic methods]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2014, no. 6-6, pp. 1159-1164.

6. Bukin A.V., Patrakov A.N. Opredelenie prochnosti betona metodami razrushaiushchego i nerazrushaiushchego kontrolya [Determination of the strength of concrete methods of destructive and non-destructive testing]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2010, no. 1, pp. 89-94.

7. Ulybin A.V. O vybore metodov kontrolya prochnosti betona postroennykh sooruzhenij [On the choice of control methods of concrete strength built facilities]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*, 2011, no. 4, pp. 10-15.

8. Eremin K.I., Matveiushkin S.A. Osobennosti ekspertizy i NK metallicheskiikh konstruksii ekspluatiruemykh sooruzhenij [Features of examination and non-destructive testing of metal structures operated facilities]. *V mire nerazrushaiushchego kontrolya*, 2008, no. 4 (42), pp. 4-7.

9. Kazachek V.G. Sovershenstvovanie normiruemykh metodov obespecheniia nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruksii pri proektirovanii i obsledovanii zdaniy i sooruzhenij [Improvement of standardized methods to ensure the reliability of reinforced concrete structures in the design and inspection of buildings and structures]. *Predotvrashchenie avarij zdaniy i sooruzhenij*. Moscow, 2010, vol. 9, pp. 65-77.

10. Kalugin A.V., Polimonov V.A., Korkodinov V.V., Abasheva L.P., Desiatov B.I. Tekhnicheskie aspekty avarii pokrytiia basseina [Technical aspects of the pool cover accident]. *Promyshlenoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2011, no. 7-2, pp. 12-14.

11. Eremin K.I. Khronika avarij zdaniy i sooruzhenij, proizoshedshikh v 2009 g. [Chronicle of accidents buildings and structures that have occurred in 2009]. *Predotvrashchenie avarij zdaniy i sooruzhenij*. Moscow, 2010, vol. 9, pp. 5-15.

12. Muromtsev D.I. Vvedenie v tekhnologiiu ekspertnykh sistem [Introduction to expert systems]. Saint Petersburg, 2005, 93 p.

13. Dzharratano D. Ekspertnye sistemy: printsipy razrabotki i programmirovaniya [Expert Systems: Principles and Programming Development]. Moscow, Vil'iams, 2006, 1152 p.

14. Sokolov V.A. Opredelenie kategorii tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruksij zdaniy i sooruzhenij s ispol'zovaniem veroyatnostnykh metodov raspoznavaniya [Definition of categories of the technical state of buildings and structures using the probabilistic methods of recognition]. *Predotvrashchenie avarij zdaniy i sooruzhenij*, Moscow, 2010, vol. 9, pp. 375-387.

15. Birger I.A. Tekhnicheskaya diagnostika [Technical diagnostics]. Moscow, Mashinostroenie, 1978, 240 p.

16. Kashevarova G.G., Tonkov Y.L. Avtomatizirovannyi poisk chetkogo znacheniia kategorii tekhnicheskogo sostoianiya stroitel'nykh konstruksii v zadachakh ekspertnogo zakliucheniia [Automated search for a clear category values technical state of structural problems in the expert opinion]. *Stroitel'stvo i rekonstruksiya*, 2016, no. 6 (68), pp. 57-70.

17. Kashevarova G.G., Tonkov Y.L. Opredelenie tekhnicheskogo sostoyaniya naklonnykh sechenij zhelezobetonnykh konstruksij v ekspertnoj sisteme s nechetkim logicheskim vyvodom [The technical condition of oblique section concrete structures in the expert system with fuzzy logic]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2015, vol. 11, no. 4, pp. 77-85.

18. Zade L.A. Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov priniatiia reshenii [A new approach to the analysis of complex systems and decision-making processes]. *Matematika segodnia*, Moscow, Znanie, 1974, no 5, 49 p.

19. Zade L.A. Poniatie lingvisticheskoi peremennoi i ee primeneniye k poniatiiu priblizhennykh reshenii [The concept of linguistic variable and its application to the adoption of the approximate solutions]. Moscow, Mir, 1976, 167 p.

20. Rotshtein A.P. Intellektual'nye tekhnologii identifikatsii: nechetkaya logika, geneticheskie algoritmy i nejronnye seti [Intelligent identification technology: fuzzy logic, genetic algorithms and neural networks]. Vinnitsa: Universum-Vinnitsia, 1999, 320 p.

21. Ponomarev V.N., Travush V.I., Bondarenko V.M., Eremin K.I. O neobkhodimosti sistemnogo podkhoda k nauchnym issledovaniyam v oblasti kompleksnoi bezopasnosti i predotvrashcheniia avarii zdanii i sooruzhenii [On the need for a systemic approach to research in the field of integrated security and the prevention of accidents buildings and structures]. *Arkhitektura. Stroitel'stvo. Obrazovanie*, 2014, no. 2 (4), pp. 7-16.

Получено 19.01.2017

I. Tonkov, Yu. Tonkov

ACTUAL PROBLEMS OF TECHNICAL EVALUATION OF BUILDING CONSTRUCTIONS

Building structures, as opposed to the simple systems can have several states corresponding to their serviceability. Technical evaluation of building constructions is an important step in the decision-making process on the need for measures aimed at bringing building projects into further normal safe operation. As practice shows, even experienced professionals have difficulties when determining the degree of serviceability (technical state category), due to the presence of a number of problems in solving this problem. The problems of the decision-making on technical evaluation of building constructions of operated buildings have been considered. The main issues relate to the presence of a large number of informative features of the technical state of building constructions, the impact of a human factor, the inability to accurately measure many of the monitored parameters, the lack of structural models and algorithms to consistently link the solutions at various stages of evaluation, the lack of common types of scales for measuring defects and damage, the lack of a common scale of technical states' categories in normative documents, and so on. To overcome these problems it is proposed to improve the methods of technical evaluation of building constructions aimed at obtaining alternative solutions by automated methods with visualization of the results.

Keywords: expert system, building construction, technical condition, problems of evaluation.

Тонков Игорь Леонидович (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и вычислительная механика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: 73266@mail.ru).

Тонков Юрий Леонидович (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Строительные конструкции и вычислительная механика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: 95081@mail.ru).

Tonkov Igor^{*} (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of construction structures and computational mechanics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: 73266@mail.ru).

Tonkov Yuriy (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of construction structures and computational mechanics, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: 95081@mail.ru).