

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

**Тонкова Юрия Леонидовича**

**«Математические модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечеткой логики»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

На рассмотрение представлена диссертационная работа Тонкова Юрия Леонидовича на соискание ученой степени кандидата технических наук, общим объемом 208 страниц машинописного текста, включающая 63 рисунка и 19 таблиц, содержащая введение, четыре главы, заключение, список использованной источников из 158 наименований работ российских и зарубежных авторов, восемь приложений. Тщательное изучение диссертационной работы, автореферата и публикаций соискателя позволило сделать представленные ниже выводы.

**Актуальность темы диссертационного исследования.**

Проблема мониторинга строительных объектов (конструкций, зданий, сооружений, комплексов) на стадиях их возведения и эксплуатации приобретает в настоящее время особое значение, важность которого уже признали проектировщики, строители и специалисты соответствующих надзорных организаций. С одной стороны, можно констатировать, что единого мнения и алгоритма решения на сегодняшний день так и не выработано. С другой стороны очевидно, что инструментальный мониторинг без опоры на математическое моделирование, в частности на адекватные математические «мониторинговые» модели строительных объектов, носит, как правило, случайно-бессмысленный характер, не представляя, по сути, практического интереса и нередко уводя от осознания реальных проблем. Вместе с тем, в рамках сложившейся

практики, в ходе проведения мониторинга может возникнуть потребность оперативного принятия решений в условиях неопределенности и противоречивости, причем такие решения основываются зачастую на экспертных оценках. Таким образом, возникает задача разработки экспертных систем в области мониторинга строительных объектов на основе аппарата нечеткой логики. В такой трактовке под экспертной системой в диссертации понимается вычислительная система, оперирующая знаниями специалистов в определенной предметной области и способная принимать в предметной области решения на уровне этих специалистов. В целом, *тема диссертационной работы является несомненно актуальной и важной.*

### **Оценка содержания диссертационной работы, ее завершенность.**

Целью диссертационной работы являлась разработка математических моделей для идентификации категории технического состояния строительных конструкций (т.е. степени пригодности строительной конструкции, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик) и на их основе – интеллектуальной экспертной системы, работающей в условиях нечетко заданных исходных данных, получаемых при обследовании строительных объектов, и ее программной реализации.

*Для достижения четко сформулированной цели диссертационной работы соискателем были сформулированы, профессионально и корректно решены конкретные задачи.*

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулирована цель и задачи работы, раскрыты научная новизна и практическая значимость результатов диссертации, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор существующих подходов к определению технического состояния строительных конструкций и современных технологий автоматизации процесса обследования зданий и сооружений. Автор описывает основные положения диагностики технического

состояния конструкций зданий и сооружений, указывает на проблемы назначения категории технического состояния конструкций зданий и сооружений и возможные пути их решения, отмечает современные методы, модели и технологии в представлении данных, приводит обзор исследований по применению технологий искусственного интеллекта в строительной отрасли, представляет структурную модель перспективной комплексной интеллектуальной системы обследования строительных объектов. Следует отметить, что в диссертационной работе рассмотрено построение и реализация математических моделей лишь для подсистемы, предназначенной для определения категорий технического состояния конструкций.

Во второй главе изложена разработка модели декларативных знаний технического состояния строительных конструкций с использованием онтологий. Имеется обоснование актуальности онтологического анализа для оценки технического состояния для конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений, описаны разработка концептуальной модели предметной области «Техническая диагностика строительных конструкций» и разработка онтологии технического состояния железобетонных изгибаемых конструкций.

В третьей главе рассмотрена разработка математических моделей идентификации технического состояния строительных конструкций с применением теории нечетких множеств и нечеткой логики. Здесь описаны: основные положения теории нечетких множеств, используемые в построении моделей идентификации категории технического состояния строительных конструкций; разработка методики формализации входных количественных и качественных контролируемых параметров технического состояния строительных конструкций; структура математической модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций с применением теории нечетких множеств и нечеткой логики.

В четвертой главе показана апробация разработанных математических моделей при идентификации технического состояния железобетонных изгибаемых конструкций экспертной системой. Соискатель избрал программную

среду Microsoft Excel на базе XML для реализации указанных математических моделей, приводя обоснование такому выбору. Здесь также приводится описание программы для идентификации категории технического состояния железобетонной изгибаемой конструкции (экспертная система «КТС-ИЖБК», зарегистрированная в Реестре программ для ЭВМ), представлены результаты апробации экспертной системы.

В заключении содержатся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

В приложениях содержатся: фрагменты онтографа «Техническое состояние железобетонной изгибаемой конструкции»; примеры описания лингвистических переменных подсистемы «Состояние нормальных сечений»; примеры баз знаний (качественного описания управляющих правил); фрагменты материалов, идентифицирующих программу «КТС-ИЖБК»; свидетельство о государственной регистрации указанной программы для ЭВМ; акт о внедрении (использовании) результатов диссертационной работы; примеры численных значений контролируемых параметров, введенных в экспертную систему «КТС-ИЖБК» при апробации; схемы расположения контролируемых параметров балок Б6, Б7, Б12.

*Диссертационная работа представляет собой завершенное, глубокое и обширное исследование, выполненное надлежащим образом на высоком научном и методическом уровне.*

**Степень достоверности результатов и выводов диссертационной работы.**

*Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы обеспечивается строгостью используемого математического аппарата и подтверждается результатами апробации, а также практического внедрения разработанной соискателем реализующей экспертной системы для оценки технического состояния существующих железобетонных изгибаемых конструкций.*

Обоснованность положений и выводов оппонируемой диссертационной работы подтверждается опубликованием ее результатов в научной печати, широким обсуждением диссертационных материалов на представительных международных конференциях. Основные положения диссертации опубликованы в 16 работах, из которых 5 опубликованы в изданиях, включенных в Перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Минобрнауки России рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

### **Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования.**

*По результатам рассмотрения содержания диссертации по главам, необходимо выделить следующие основные результаты диссертационного исследования, составляющие его безусловную научную новизну:*

– разработана методика построения и иерархическая структура организации экспертных знаний для нечеткой экспертной системы оценки технического состояния строительных конструкций массового строительства, включающая информационную универсальность и возможность расширения с помощью онтологического системного анализа;

– разработаны математические модели для формализации экспертных данных о признаках технического состояния конструкций (для построения функций принадлежности значений контролируемых параметров к лингвистическим оценкам);

– предложена, адаптирована и применена математическая модель нечеткого логического вывода Мамдани в вычислении конкретного (четкого) значения категории технического состояния конструкции;

– разработаны алгоритмы и управляющие правила нечеткого логического вывода для оперативной оценки технического состояния железобетонных изгибаемых конструкций массового строительства;

– создана и внедрена в оценку интеллектуальная нечеткая экспертная система «КТС-ИЖБК» для определения категории технического состояния железобетонных изгибаемых конструкций.

### **Научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования.**

*Практическую значимость работы можно определить как высокую.* Разработанные алгоритмы и программы могут использоваться для повышения эффективности, обоснованности и достоверности принятия решения о техническом состоянии оцениваемой строительной конструкции.

*Теоретическую значимость работы можно определить как высокую.* Эта теоретическая значимость заключается в разработке математической модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций (на примере железобетонных изгибаемых элементов) по нечетким исходным данным обследования. Разработанная математическая модель, основанная на аппарате теории нечетких множеств, после необходимых доработок может быть применена для оценки других видов и типов конструкций из разных материалов с учетом их особенностей.

Следует отметить, что научные и практические результаты работы используются в образовательном процессе и научных исследованиях, реализуемых в Пермском национальном исследовательском политехническом университете (ПНИПУ), а также при обследовании существующих строительных конструкций на объектах Пермского края.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования.**

Результаты диссертационного исследования, в частности, математические модели для оперативного определения категорий технического состояния строительных конструкций массового строительства с использованием экс-

пертных знаний и данных на основе четкой и нечеткой информации, рекомендуется использовать в практике профильных научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций. Эти результаты ориентированы на содействие решению важнейших задач обеспечения безопасности строительных конструкций, зданий, сооружений и комплексов, повышения точности определения категории технического состояния строительных объектов.

Перспективой дальнейшей разработки является построение математических моделей и реализующего программно-алгоритмического обеспечения экспертных систем, составляющих комплексную интеллектуальную систему обследования конструкций (разработка моделей для распознавания изображений дефектов и повреждений, для прогнозирования сроков службы конструкций и определения рисков наступления аварийного состояния, для формирования рекомендаций и указаний по приведению конструкции к дальнейшей нормальной эксплуатации).

### **Оценка стиля диссертации и автореферата.**

Диссертация написана грамотно с точки зрения четкости, логики и стиля в изложении материала, постановки цели и задач, убедительности выводов.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, ее вклад в развитие темы.

### **Общие замечания по содержанию и оформлению диссертации.**

Как и по любой работе, отражающей научные и практически результаты, по представленной на отзыв диссертации имеется ряд замечаний и пожеланий.

1. Представляется спорным утверждение соискателя о том, что «современное состояние применения математических моделей в вопросах оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений говорит об отсутствии в этой сфере системного инструмента принятия решений в условиях неопределенности и многофакторности» (страница 40). В работах

А.М. Белостоцкого и его коллег была предложена достаточно эффективная расчетно-экспериментальная методика мониторинга несущих конструкций уникальных зданий и сооружений, основанная в том числе на использовании адаптивных конечноэлементных моделей. Ссылки на эти работы в диссертации отсутствуют. Вместе с тем, только система инструментального мониторинга, построенная на основе анализа результатов конечноэлементного моделирования в сопоставлении с данными измерений, позволяет выполнить планирование мероприятий по подготовке и реагированию на изменения ответственных конструкций, сделать выводы о фактическом состоянии и возможности дальнейшей безопасной эксплуатации строительного объекта. Подобный подход предпочтителен еще и потому, что на практике затруднен или невозможен оперативный доступ к большинству несущих конструкций в жилых, офисных и иных помещениях.

2. Представляется спорным утверждение соискателя о том, что «разработанная математическая модель, основанная на аппарате теории нечетких множеств, является универсальной и может быть применена для оценки других видов и типов конструкций из разных материалов с учетом их особенностей». Все-таки модель, описанная в диссертации, в значительной мере ориентирована именно на железобетонные конструкции.

3. Несколько спорным решением выглядит выбор программной среды Microsoft Excel для реализации математических моделей для идентификации категории технического состояния строительных конструкций на основе нечетких баз знаний.

4. Представляется целесообразным расширить апробацию работы на более представительном наборе модельных, тестовых и практически важных задач (в том числе имея в виду предыдущее замечание) с обеспечением более содержательного анализа и сопоставления получаемых результатов. Приведенное в тексте диссертации (страница 144) обоснование, что «результаты оценки технического состояния обследованной конструкции, полученные с помощью экспертной системы подтверждены экспертными заключениями



специалистов, не принимавших участия в создании программы, имеющих большой опыт работы по обследованию конструкций зданий и сооружения» не может считаться исчерпывающим.

**Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

*Представленная к защите диссертация является законченной научно-квалификационной работой* в которой решаются задачи разработки и апробации математической модели для идентификации категории технического состояния строительных конструкций и на ее основе – интеллектуальной экспертной системы, работающей в условиях нечетко заданных исходных данных, получаемых при обследовании строительных объектов.

Полученные автором результаты базируются на строгости используемого математического аппарата и подтверждается результатами апробации, а также практического внедрения реализующей экспертной системы для оценки технического состояния существующих железобетонных изгибаемых конструкций.

Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на представительных международных научных конференциях и опубликованы в ведущих рецензируемых российских изданиях.

Диссертация обладает научной новизной, практической и теоретической значимостью, выполнена самостоятельно.

В диссертации в достаточной мере отражены полученные результаты. Автореферат диссертации по форме и содержанию соответствует предъявляемым к нему требованиям.

Область проведенного диссертационного исследования и основные научные результаты диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

*В целом, работу можно оценить положительно.*

Диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в редакции от 01 октября 2018 г.), а ее автор, Тонков Юрий Леонидович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент,  
Главный ученый секретарь  
Российской академии архитектуры и строительных наук,  
доктор технических наук

« 15 » ноября

  
Акимов Павел Алексеевич

Адрес: 107031, г. Москва, ул. Большая Дмитровка, д. 24, стр. 1

Телефон: +7(495) 625-71-63

Факс: +7(495) 650-27-31

E-mail: akimov@raasn.ru