

1 (6) Март 2013 г.

НАУКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

Science and Safety

Ежеквартальный научный журнал

Разделы номера

Пожарная безопасность

Долговечность конструкций

Экология

Новые технологии

Нормативные документы

Мониторинг состояния
эксплуатируемых объектов



ISSN 2225-0360

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Бикташев М.Д.</i> Механика грунтов, научная терминология и безопасность	2
<i>Волосухин В.А., Бандурин М.А.</i> Вопросы численного моделирования длительно эксплуатируемых мостовых переездов через водопроводящие каналы	16
<i>Гера В.И., Марченко М.А., Решетников Д.В.</i> Управление развитием сложных технических систем с учетом безопасности их эксплуатации	27
<i>Нахтигаль Е.</i> Рассмотрение пожарной безопасности методами системного анализа	35
<i>Котляревский В.А.</i> К определению изгибной жесткости железобетонных конструкций	39
<i>Акимов В.А., Прошляков М.Ю.</i> Программно-технический комплекс мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов	43
<i>Кришан А.Л.</i> Прочность и деформативность бетонного ядра трубобетонной колонны	50
<i>Кришан А.Л.</i> Напряженное состояние стальной оболочки трубобетонных колонн	53
<i>Кришан А.Л.</i> Учет реологических свойств бетона в расчетах прочности трубобетонных колонн	56
<i>Байбурун Д.А., Иванов А.Е., Мельчаков А.П.</i> Использование оценки риска аварии зданий для расчета тарифа обязательного страхования и оценки остаточного ресурса на опасных производственных объектах	63
<i>Гатауллин И.Н.</i> Повышение долговечности строительных конструкций промышленных зданий и сооружений	71
<i>Алексанин А.В., Сорокин М.О.</i> Обеспечение безопасности окружающей среды за счет организации рационального обращения отходов строительства и сноса	77
<i>Сорокин М.О., Алексанин А.В.</i> Применение принципов CALS технологии в целях снижения аварийности эксплуатируемых строительных объектов	80
Авторы номера	85

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, НАУЧНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 624.131.7(045): 331.453

Бикташев

Мухтар Давлетович

Инженер-геодезист, г.Москва

АННОТАЦИЯ

В статье обращается внимание на качество терминологического описания понятий «Осадка», «Просадка» и т.д. в СП 22.13330.2011. Указывается на недопустимость легкомысленного отношения к образованию понятий и их определений, а также недопустимость употребления множественного числа по отношению к терминам «Осадка», «Крен», «Просадка», «Деформация» и т.д.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Нормативный документ,
Деформация,
Понятия, Определения,
Механика грунтов,
Логика, Безопасность

Об актуальности вопроса. Задача этой статьи простая – осветить соображения автора по поводу терминов «Осадка» и других, указанных в приложении А СП 22.13330.2011, названного актуализированной редакцией СНиП 2.02.01-83*, а также указать возможные подходы. В то же время существует необходимость комплексного подхода к терминологии в области строительного нормотворчества. Иногда мы говорим: «Здания и сооружения», в этом случае имеем словосочетание, а не термин, как это трактуют авторы [2]. Иначе говоря, даже по отношению к собственным мыслям требуется использовать критический подход, а при подготовке нормативного документа – тем более. Говоря о терминологии, дополнительно следует указать, как трепетно отнеслись к этому вопросу в науках [3, 4], смежных с механикой грунтов, какой ими осуществлен немалый поиск.

Обзор журнала «Основания, фундаменты и механика грунтов» за 1989-2006 гг. показывает, что за 17 лет, например, анализу осадки и крена башенных сооружений (а это тоже относится к вопросу безопасности) и их фундаментов, с привлечением данных геодезических измерений посвящено мизерное (всего 3) количество публикаций. Однако, наряду с этим, в статьях данного издания обнаружено множество строк, где не соблюдается научный подход к написанию терминов «Осад-

ка» и «Крен». В связи с этим в текстах встречаются предложения с включениями вида: как *осадок*, так и *осадков*; как *кренов*, так и *кренам* и т.д. То же самое наблюдается в нормативной литературе, статьях и монографиях. Поэтому возникает предположение, что в механике грунтов – в этой прикладной науке, направленной на обеспечение безопасности зданий и сооружений, а значит и людей, к проблеме терминов и их определений относятся весьма легкомысленно.

Не поэтому ли в частных беседах изыскатели нередко высказывают «крамольную» мысль о том, что «чем ближе к нашему времени нормативные документы, тем слабее их содержание и важность для проектирования по сравнению с «патриархами нормотворчества»: ГОСТами и СНиПами 70-80-х годов прошлого столетия» [5], хотя и тогда были проблемы с определением терминов. В наши дни понятие «Осадка» пытаются определить через поясняющие слова «Вертикальные перемещения», например, в ГОСТ 24846-81 «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений», а также в [1], но уже через «Вертикальные составляющие». И эта ситуация диктует необходимость упорядочивания определений и используемых понятий в нормативах, статьях и монографиях, тем самым еще раз указывая на актуальность терминологической проблемы в

сфере нормативных документов и научного общения.

Анализ состояния проблемы. Механика грунтов при своем зарождении относительно осадки внесла суждение, что грунтовая толща в целом, будучи нагружена, дает осадку и в своем развитии пошла дальше, но, имея методологический изъян, так и не указала научного содержания термина «Осадка». В связи с этим можно предположить, что в механике грунтов вообще не развита та линия в теории, которая дала бы ключ к однозначному конструированию терминологических понятий и определений в группе таких явлений, как осадка, просадка и т.д., формулируемых в ней и наблюдаемых в практике строительства и эксплуатации.

Между тем практики [5] указывают и на другие терминологические пробелы в системе строительных нормативов. Поэтому напрашивается некое подозрение, что в поиске единого фундамента механики грунтов это пренебрежение терминологией может привести к катастрофической ошибке. Она (механика грунтов и принятая в ней методология) дает не совсем полное, четкое и однозначное представление вообще о реальности в поведении естественных грунтов – композитов* под нагрузкой и сопровождающей это поведение деформации сжимаемой толщи. Этому есть своё прямое объяснение, которое находится в подразделе 5.6 [1], хотя **осадка фундамента и уплотнение** грунта – композита сжимаемой толщи – это два разных понятия при одной действующей нагрузке. При этом следует указать, что основанием фундаментов зданий и сооружений является не

грунтовая толща, а сжимаемая толща. Это два существенно разных термина и объекта, в том числе и в «Механике сжимаемой толщи».

В отличие от осадки: ***Уплотнение сжимаемой толщи** – это необратимый кинетический массоперенос грунта – композита под воздействием нагрузки, ведущий к изменению формы и размера сжимаемой толщи, структурных связей и плотности, несущей способности, с образованием нового качества сжимаемой толщи в зависимости от вязкости, трения, инертности и силы сопротивления естественного грунта – композита как за время строительства, так и за время эксплуатации.* Поэтому вполне очевидно, что неполнота представления является результатом статистической природы (неполноты) законов, в том числе и в вопросах терминологии. Видимо, поэтому истоком многих неудач механики грунтов, как это следует из фактического положения, является то, что она концептуально не объясняет явлений, поскольку не вскрывает их сущность, а также физику и механику явления, а лишь описывает эти явления, не доводя это описание до конкретики.

Более того, механика грунтов является ярко выраженной феноменологической в части практики описания поведения грунтов под нагрузкой, а поэтому, не зная физики и механики деформации сжимаемой толщи, модуля деформации и коэффициента Пуассона на всю глубину сжимаемой толщи, нельзя с полной достоверностью утверждать о законченности расчетов по деформации и несущей способности основания. Кроме того, с философской стороны, она (механика грунтов) ориентирована так, чтобы не замечать *скрытых форм движения материи, структур материальных образований, внутренних механизмов явлений*, чем ограничивает и свои познавательные возможности как прикладной науки. Отсюда её общая неспособность разобрататься в физической сути явлений, вскрыть внутренний механизм явлений, структуры материальных образований и полей взаимодействия, понять причинно-следственные связи между элементами, явлениями, а как итог: и её потенциальная нелюбовь к терминологии, которая требует конкретики. При этом надо обратить внимание на книгу

* По материалам Википедии: Композиционный материал (композит, КМ) – неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов. От автора: в естественных грунтах – композитах (в отличие от искусственных КМ) физико-механические свойства обеспечиваются естественной структурой и текстурой грунтового материала, так как в структуре и текстуре таких грунтов природой заложены свои армирующие и связующие элементы в силу их многокомпонентности. Поэтому вполне естественно такие грунты называть грунтами – композитами.

А.А. Козачок, которая не только ставит вопросы, но и указывает на парадоксы, возникшие в развитии наук, в том числе и механике грунтов. Более того, в трудах шестой Всероссийской научной конференции с международным участием «Математическое моделирование и краевые задачи» (г. Самара, 2009 г.) отмечено, «... что в строительных нормативах зачастую не отражают достижений в области механики деформируемых твердых тел и математического моделирования процессов деформирования и разрушения. В частности, разделы СНиПов, относящиеся к методам прочностного анализа элементов строительных конструкций, содержат только методы и описания их применения, являющиеся простейшими в сравнении с современными возможностями математического описания и численного моделирования процессов деформирования конструкций в трехмерной постановке. В этом плане существует определенный разрыв между потребностями практики и существующими СНиПами; между СНиПами, регламентирующими деятельность проектировщиков и строительную практику, и возможностями уточненных расчетов элементов конструкций и сооружений, исходя из современных возможностей более точной постановки практических задач и их реализации на ЭВМ на основе использования численных методов».

Следует констатировать, что недостатки, как указанные, так и не указанные, современной механики грунтов не являются чем-то случайным, они вытекают из всей методологии и, прежде всего, тех целей, которые она ставит перед собой. В связи с этим целями развития некоторых областей в современной механике грунтов стало подразумеваться создание внутренне непротиворечивого описания с помощью все более усложняющегося математического аппарата. **Но даже при этом нет сомнения, что в механике грунтов имеется значительный элемент истины.** Поэтому она может быть пробным камнем для любой будущей (теоретической) геотехнической основы, например, «Механики сжимаемой толщи». Такая механика должна стать настольной книгой геотехников, из которой она (механика грунтов) должна будет

выведена как частный случай подобно тому, как электростатика выводится из уравнений Максвелла для электромагнитного поля или термодинамика из классической механики.

Вместе с тем в механике грунтов до сих пор нет ясного концептуального представления о том, что первично, а что вторично, откуда и появились в нормативе два подхода:

- а) предельный расчет по несущей способности;
- б) предельный расчет по деформациям.

К этому же ряду относится, например, то, что авторы [1] не видят различия между «Осадкой» и «Уплотнением». Более того, авторы [1] до сих пор уверены, что осадку дает основание (подраздел 5.6), а отсюда еще одно заблуждение – в виде суммирования осадки по всей глубине сжимаемой толщи. Иначе говоря, механика грунтов не свободна от методологических изъянов и не пытается от них освободиться. Ведь в данном случае нужно проявить смелость, конкретное мышление и воображение, на что ниже указывает академик П.Л. Капица. В связи с этим случаем хочется вслед за Р. Фейнманом повторить [7]: «Ведь в один прекрасный день явится кто-нибудь и объяснит, насколько мы глупы. Мы не догадаемся, в каком месте мы совершили глупость, пока мы не вырастем над собой».

В связи с этим следует пояснить, что в механике грунтов в части расчёта оснований и фундаментов, исходя из опыта её теоретического и практического развития, первична «Деформация», потому что любое тело, подвергающееся силовому воздействию, деформируется. Деформация проявляется в виде осадки, просадки, пучения, крена, прогиба и т.д. Первична она и потому, что: во-первых, оставляет уродующий след после строительных работ и в период эксплуатации зданий и сооружений, а иногда приводит к их разрушению; хотя есть масса других параметров и характеристик, которые не менее важны при расчете оснований и фундаментов. А во-вторых, потому, что весь расчет оснований и фундаментов имеет своей целью конечный результат в виде допускаемой осадки. В-третьих, она первична и потому, что во всех практических случаях эксплуатации зданий и сооружений имеем один завершающий сигнал – это осадка и т.п. Таким образом, весь

процесс расчета оснований и фундаментов един, а поэтому должен включать в себя один расчет по деформациям с учетом несущей способности сжимаемой толщи. Иначе говоря, все действия по определению физико-механических свойств естественного грунта – композита и последующие расчеты – это только подготовительные меры, направленные на вычисление основного параметра – осадки, не превышающей предельную величину, так как при $S_{\text{ф}} < S_{\text{пред}}$ обеспечиваются все необходимые условия проектирования надежного основания, в том числе и $p_{\text{ср}} < R_{\text{осн}}$, обратное не всегда верно. Отсюда следует, что осадка первична и усилия расчета направлены на ограничение этой осадки. И в этом нет никакого противоречия, так как современные требования к качеству строительства и нормативным документам и товароденежные отношения требуют не формального исполнения, а вполне конкретного действия, ведущего к безопасному строительству и эксплуатации, экономии бюджетных средств и получению прибыли. В противном случае нет надобности в затратах на актуализацию нормативных документов. В данном случае автор видит задачу формирования научного мировоззрения более широкого, чем обычно принято в науке одухотворенного понимания феномена безопасности жизни, механики грунтов и отношения к терминологии, а также изменения в связи с этим методологии исследований.

Поэтому ответственность за несоблюдение терминологической этики полностью лежит на нормативных документах, где к описанию терминов относятся не совсем корректно. Это, в самом деле, серьезный повод для того, чтобы обратить внимание на эту проблему с конструированием понятий и определений в строительных нормативах. Тем более, что непростые отношения между инженерной геологией, геотехникой и механикой грунтов сохраняются до настоящего времени. Не последнюю роль здесь играет неупорядоченность терминологии в механике грунтов.

И в этом смысле, точная и научная терминологическая концепция позволяет понять, что *«Значение предмета не есть нечто находящееся в самом объекте, а является описанием способа воздействия объекта на ра-*

зум, - способа, каким он подгоняется к структуре мышления. Структура же мышления либо уже существует, либо может быстро сформироваться вокруг предмета, придав ему тем самым содержание и, следовательно, смысл» [8].

Постановка задачи и метод решения. Начнем с того, что в 1958 году был издан (без определения понятий) «Словарь технических терминов по механике грунтов и фундаментостроению» (Гос. изд. физико-матем. литературы) [4], а в 1991 году была издана книга [3], где показана значительная поисковая работа. Вот отсюда и следует, что вообще-то при подготовке такого важного приложения в нормативном документе, как «Термины и определения» (*где содержание термина и определяет его смысл. В результате: термин и определение сливаются воедино и представляют собой нечто целое*), обычно осуществляется библиографический поиск, чтобы узнать, а что было на эту тему сказано раньше, в том числе за рубежом.

Оказывается, что в словарях, справочниках, энциклопедиях, в технической литературе есть много информации о том, как ученые в прошлом пытались сформулировать определение термина, например, «Осадка». В толковом словаре Ушакова указывается, что термин «Осадка» может употребляться только **в единственном числе**. А вот какое определение дано Б.И. Далматовым термину «Пучение»: *«Морозным пучением называется увеличение объема грунта при промерзании в результате перехода воды в лед и миграции влаги к фронту промерзания»*. Очень точно и ёмко. Однако, здесь напрашивается следующая мысль: ***перед тем, как допускать указанные термины на официальный уровень, они, как минимум, должны были пройти обкатку в словарях и справочниках терминов по механике грунтов или строительных терминов.*** Между тем, в отечественной механике грунтов даже в XXI веке не удосужились создать справочник или словарь терминов, используемых в современных нормативах и в научной литературе, хотя прошло полвека после первого издания. Собственно и в геотехнике примерно такая же ситуация, где до сих пор нет терминологического словаря, сотворенного отечественными учеными. В

качестве примера можно указать на «Словарь по геотехнике», который был издан в переводе с английского, в 1986 году [9, 10], где термин **«геотехника»** трактуется как понятие: *«охватывающее в настоящее время такие науки, как механика грунтов, механика скальных пород и инженерная геология».*

Осадка и крен (нормативные или предельные) сопровождают каждое башенное сооружение и высотное здание, небоскребы здесь не исключение, а поэтому в данном случае для определенности дефиниций (определений) должен быть положен в основу логический подход. Научное образование термина и его обоснование согласно [11] тесно связаны с технической логикой, *«...где истинному высказыванию соответствует событие (факт), а ложному высказыванию – событие (факт), которое не имеет места, не происходит и физически невозможно».* Проблема только в том, что в [1] к терминологии так же, как и в ГОСТ 24846-81, отнеслись формально.

Когда говорим **Осадка**, то представляем вертикальное перемещение фундамента под нагрузкой, а не сжимаемой толщи, т.е. под действием силы и кинетической энергии, но не наоборот. Иначе говоря, есть причина, и есть следствие. В данном случае понятие: а) приложенной силы и б) потраченной энергии – целостно и едино, а это значит, что материальная точка в виде фундамента получает единую осадку, в то время как сжимаемая толщина в целом претерпевает уплотнение.

Если в текстах используем термин «Крен», то под ним следует понимать жесткий поворот фундамента и надфундаментных конструкций от проектной вертикали как одного целого материального тела в сторону, предоставленную степенью свободы, т.е. за счёт неравномерной осадки. Эта степень свободы и жесткий поворот возникают тогда, когда в какой-то одной зоне сжимаемой толщи появляется слабина, связанная с потерей её прочности и устойчивости и(или) изменением точки приложения нагрузки. Поэтому и в данном случае следует писать и говорить «крен» в единственном числе.

По высказыванию академика П.Л. Капицы (1966 г.): *«В науке, на определенном этапе развития новых фундаментальных представлений, эрудиция не является той основной*

чертой, которая позволяет ученому решать задачу, тут главное – воображение, конкретное мышление и в основном смелость». В терминологии, наоборот, эрудиция, подкрепленная результатом научного исследования, имеет огромное значение – это показывает опыт разработки [1], в котором этой эрудиции оказалось меньше, чем это ожидалось.

Именно терминология позволяет концептуально и в концентрированной форме выразить суть научного понятия и подтвердить правильность научной мысли и методологии. Поэтому остается уверенность, что **заблуждается тот, кто полагает, что терминология – дитя забавы и поэтому относится к ней поверхностно.**

К тому же, сравнивая то, что дано в [1] и [12] (табл.1), например, видим, что о терминах: «Оседание» и «Провал» можно дать разные определения, хотя в данном случае определения должны быть идентичными. Или, например, в [1] указывается, что: **водоупор или водоупорный слой грунта – это малопроницаемый слой грунта, фильтрацией подземных вод через который можно пренебречь.** Так-то оно так, но в расчетах оснований и фундаментов такой «мелочью» не стоит пренебрегать. Ибо эта «мелочь» пахнет беспринципностью и приводит к длительной стабилизации осадки, за что могут выставить и дополнительный счёт. Нужно ли это застройщику и службе эксплуатации? Между тем, в СНиП 1-2 дается такое определение: **Слой грунта водоупорный (Водоупор) – слой, принимаемый за практически водонепроницаемый для фильтрации подземных и поверхностных вод.** И в последнем случае [13] определение более верное, где содержание полностью определяет смысл понятия. И получается, что терминология тесно связана с экономикой. Возьмем самый простой пример – это переработка данного норматива и дальнейшее переиздание, а ведь могут быть и более крупные затраты. По этому поводу следует добавить, что развитие терминологии неизбежно сопутствует развитию научной мысли, так как ни одна система знаний не может быть изложена без языка. Именно поэтому: *«Идеи, – говорил К. Маркс, – не существуют оторвано от языка»* (Архив Маркса и Энгельса, т. IV).

Таблица 1

Термины и определения

<i>СП 22.13330.2011</i>		<i>Авторская правка</i>		
<i>Термин</i>	<i>Определение</i>	<i>Термин</i>	<i>Определение</i>	
<u>Осадки</u>	<i>Вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате внешних воздействий и в отдельных случаях от собственного веса грунта, не сопровождающиеся изменением его структуры</i>	<u>Осадка (S)</u> Ндп. (мн.чис.) Осадки Осадков Осадок	<i>Элементарное единичное вертикальное необратимое перемещение материальной точки (например, фундамента), как одного целого, от приложенной единичной нагрузки в точке прикрепления (контакта) тела к сжимаемой толще за единицу времени</i>	
<u>Просадки</u>	<i>Вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате изменения структуры грунта под воздействием как внешних нагрузок и собственного веса грунта, так и дополнительных факторов, таких, например, как замачивание просадочного грунта, оттаивание ледовых прослоек в замерзшем грунте и т.п.</i>	<u>Просадка</u> Ндп. (мн.чис.) просадки просадков просадок	<i>Катастрофическая осадка фундамента и надфундаментных конструкций за счёт потери контактного трения между частицами грунта и изменения структуры грунта сжимаемой толщи в результате образования критически обводненной массы в сжимаемой толще или какой-либо её части либо из-за других объективных причин</i>	
<u>Подъемы и осадки</u>	<i>Вертикальные составляющие деформаций основания, связанные с изменением объема грунтов при изменении их влажности или воздействии химических веществ (набухание и усадка) и при замерзании воды и оттаивании льда в порах грунта (морозное пучение и оттаивание грунта)</i>	<u>Пучение</u> Ндп. образование мн.числа.	<i>Увеличение единичного объема грунта сжимаемой толщи при её промерзании (либо за счет химической реакции) в единицу времени в результате перехода воды в лед и миграции влаги к фронту промерзания</i>	
<u>Оседания</u>	<i>Вертикальные составляющие деформаций земной поверхности, вызываемые разработкой полезных ископаемых, изменением гидрогеологических условий, понижением уровня подземных вод, карстово-суффозионными процессами и т.п.</i>	СНиП 2.01.09-91 <u>Оседание</u> – вертикальная составляющая вектора сдвижения точки земной поверхности в мульде сдвижения	<u>Оседание</u> Ндп. Оседания, Оседаний	<i>Осадка зданий, сооружений в единицу времени из-за сжатия сжимаемой толщи и уменьшения взвешивающей силы при изменении гидрологических условий или при возникновении неустойчивого состояния сжимаемой толщи (по отношению к дневной поверхности) в случае повышения уровня подработки, при проведении подземных (горных) работ</i>

Окончание табл. 1

СП 22.13330.2011		Авторская правка		
Термин	Определение	Термин	Определение	
Провалы	Вертикальные составляющие деформаций земной поверхности с нарушением сплошности грунтов, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над карстовыми полостями, горными выработками или зонами суффозионного выноса грунта	Провал – участок земной поверхности, подвергшийся обрушению под влиянием подземных горных выработок	Провал Ндп. Провалы, Провалов	Катастрофическое обрушение грунтов в местах возникновения зон неустойчивого состояния дневной поверхности, обусловленное нарушением сплошности естественных грунтов – композитов за счёт потери контактного трения между частицами грунта – композита из-за их (грунтов) подмыва либо подработки
			Крен (i) Ндп. Крены Кренов Кренах	Явление статического, единичного, необратимого (в общем случае) жесткого углового поворота оси материального тела (например, фундамента и надфундаментных конструкций, как одного целого) от проектной вертикали в направлении, предоставленном степени свободы, при наличии неравномерной осадки или непроектного эксцентриситета в зависимости от физико-механических характеристик грунтов сжимаемой толщи (M) под пятой фундамента

В связи с этим следует указать, что в быту и в гинекологии есть такой термин (понятие), как «беременность», которой много не бывает, поэтому всегда и во всех случаях говорят «беременность», здесь нет места множественному числу, если даже в результате получим тройню. Собственно, что такое «беременность» - это деформация женского тела в результате известного воздействия, поэтому мы можем это принять как вполне понятную аналогию для термина «Деформация». Поэтому должно быть понятно, что термин «деформация», так же как и термин «вибрация» [14] должен употребляться только в единственном числе. Кроме того, весь фокус (множественного числа) в том, что в ходе геодезических и технических измерений обычно фиксируют множество событий одного явления. Например, на n марках зафиксировали n значений осадки (просадки и т.д.), однако это вовсе не значит, что осадки много. Из этого следует только то, что деформация в виде крена, осадки и т.д. как

явление – однозначно и единственно. Это надо понять и принять. Более того, мы всегда можем сказать, что сжимаемая толщина беременна деформацией, понимая при этом, что сжимаемая толщина деформируется, уплотняется, но не двигается – это основное положение механики сжимаемой толщи. Дает осадку фундамент как одно тело – это тоже основное положение механики сжимаемой толщи, но этого почему-то некоторые не понимают.

Чтобы было с чем сопоставлять, приведем определение терминов дословно, как оно дано в [1, табл.1]. Анализируя термины, представленные в [1], с вышеуказанной позиции, видим, что в них слабо отражены результаты научных исследований, не говоря уже о том, что не отражен процесс теоретического осмысления, раскрывающего суть явления. Это важно и потому, что когда говорим об осадке, крене, провале, просадке и т.д. – речь идет о безопасности граждан как в жилом, так и в промышленном секторе, которую должны

обеспечить как расчеты специалистов, строительные технологии, так и служба эксплуатации фирм и предприятий.

Авторская правка (см. табл.1) – это попытка дать первое приближение строго конечного определения этих терминов. Возможно, данная попытка приведет к большему: некоторому пониманию того, что происходит, когда возникает непонимание, и покажет, какова связь всех этих слов с механизмами непонимания. *«Так что – это самым непосредственным образом может дать понятие о **корректности и компетентности, практической эффективности определений при попытке сформулировать то, что позволит сделать возможным ее пониманию другой личностью – привести к взаимопониманию.** Ведь именно на это и рассчитаны символы, определения и термины. И еще, будет возможность разобраться с тем, когда и почему стоит давать определения, а когда это оказывается иллюзией, в лучшем случае – суррогатом понимания»* [15].

В связи с табл. 1 отметим, что понятие «осадка» не должно повторяться в названии других понятий – это правило относится и к другим понятиям. Иначе говоря, термины не должны перекрещиваться. Что мы видим? Рассмотрим еще раз первое из данных определений (см. табл.1):

- а) *«вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате внешних воздействий;*
- б) *«в отдельных случаях от собственного веса грунта, не сопровождающиеся изменением его структуры».*

Как видно из определения [1], оно состоит из двух частей. В первой части говорится, что осадки – это вертикальные составляющие деформации **основания (?)**... и в этом есть некоторая схожесть данного определения с тем, что изложено в ГОСТ 24846-81. Иначе говоря, такое заблуждение было заложено раньше. В этом случае, вторая часть определения – это то, что добавили по недоумению разработчики. Наконец, в термине «осадка» вторая часть суждения содержит определение, принадлежащее термину «оседание», а псевдо-термин «подъем и осадка» содержит в себе название термина «осадка», что недопустимо при определении понятий (терминов).

Таким образом, следует констатировать, что в нормативе при формулировании определений к устоявшимся понятиям новая форма мысли представлена очень слабо, в ней отсутствует целостность суждения, как впрочем, и отличительные признаки. Наконец, во всех случаях в данных определениях фигурирует словосочетание *«вертикальные составляющие»*, но дело в том, что вертикальные составляющие могут быть и положительными, и отрицательными. В последнем случае, т.е. при отрицательных составляющих и речи быть не может об осадке. Отсюда следует, что требуется редакция данных определений, в том числе и потому, что *«вертикальные составляющие»* не обладают полным объемом понятий «Осадка», «Просадка», «Пучение» и т.д., кроме того, требуют дополнительного пояснения относительно знака вертикальных составляющих. Более того, правило знаков говорит о том, что только положительное вертикальное перемещение может быть осадкой и только в единственном числе [16].

Во всей литературе по строительству и механике грунтов чаще всего встречается термин «**Пучение**», в результате которого случается подъем фундамента и надфундаментных конструкций, составляющий большую часть процесса, чем последующая осадка. Более того, для пучения характерны не вертикальные составляющие. Здесь **основной признак – это увеличение объема** грунта при изменении различных факторов. В результате этих изменений появляются объемная деформация и отрицательный вертикальный вектор (пучение), которые и наносят повреждения фундаментам и надфундаментному строению зданий и сооружений.

Следует отметить, что в данном случае – это не только термины и определения. Это целые разделы из геотехники и особенно из механики грунтов, которые имеют богатую историю научных и практических исследований, где есть, что сказать по поводу данных терминов и определений. Возьмем, например, **Провал** – это, в первую очередь, катастрофическое обрушение из-за *возникновения зон неустойчивого состояния грунтов дневной поверхности, обусловленное нарушением сплошности грунтов за счёт потери контактного трения между частицами грунта*

в силу его размыва подземными водами, утечками из водонесущих коммуникаций или из-за подработки земной поверхности горными выработками. Таким образом, и здесь вертикальные составляющие не являются ядром определения, т.е. – это для данного понятия вторичная подробность. Например, возьмем в табл.1 термин «Оседания» по [1] – здесь указаны причина, отчего это явление случается, и следствие, но нет научного подхода, объясняющего суть явления. В принципе – это бытовое объяснение явления, причем с грамматической ошибкой.

Из этих примеров видно, что одна из серьезных проблем современных разработчиков строительных нормативов, например, [1] – полнейшая беспомощность при необходимости сформулировать определение (дефиницию), если не краткое, но четкое последовательное научное толкование смысла понятия или слова, называющего конкретный предмет, действие или качество, при условии, что научное обоснование норматива вполне конкретно и практически верно отображает действительность. К этому следует добавить, что, на круглом столе в 2011 году петербургские фундаментостроители говорили о наболевшем, а именно: «...геотехника не отвечает требованиям времени, в том числе и **по причине неудовлетворительного качества нормативов**» [17]. Следует указать, что нормативы вида [1] разрабатываются на основе достижений теории и практики механики грунтов, оснований и фундаментов.

Поэтому, исходя из данного опыта [1, приложение А; 18] следует заметить [15]:

1. Терминологическое определение понятий науки и техники выполняется отраслевыми специалистами совместно с логиками и лингвистами. При этом строятся системы терминов отдельных отраслей знания и подбираются наиболее целесообразные лексические единицы для их обозначения.
2. Нормализация употребления терминов, существующих в данном языке, и составление рекомендаций для создания новых терминов для каждой отрасли знания выполняются предметными специалистами совместно с лингвистами.

На первой стадии упорядочивания терминов фиксируются все существующие слово-

употребления. Из них отбираются наиболее целесообразные, грамотные, системные, внедренные, дающие возможность дальнейшего словообразования на их основе.

И вот с этих позиций, совершенно элементарно, осадка – это явная функция от времени, трения, нагрузки, площади фундамента и грунтовых характеристик (М), т.е.

$$S = f(t, f_{mp}, p, F, M). \quad (1)$$

Из формулы (1) становится понятно, что так называемые вертикальные составляющие деформации появляются не по причине абстрактных внешних воздействий, а от конкретной нагрузки на сжимаемую толщу, которая остается на ней в течение неопределенного времени. При этом фундамент здания (сооружения) имеет две плоскости: одну – боковую, другую – нижнюю, называемую подошвой фундамента. И вот эта подошва создает давление на сжимаемую толщу, за счет которого сжимаемая толща изменяет свою структуру, уплотняется, получая деформацию формы и новое качество, а фундамент – осадку. Более того, из геодезических измерений осадки вовсе не следует, что осадка фундамента складывается из суммирования осадки по всей высоте сжимаемой толщи. В связи с этим, ссылаясь на «Диалектику природы» Ф. Энгельса, отметим следующее: **«В любой науке неправильные представления (если отвлечься от погрешностей наблюдения) являются, в конце концов, неправильными представлениями о правильных фактах. Факты остаются, если даже призванные для их толкования взгляды оказываются ошибочными»**, т.е. должна присутствовать логика мышления.

В связи с указанным осадка как вертикальное перемещение материального тела независимо от вида приложенной нагрузки (статическая, динамическая и т.п.) – это способ реализации одной формы равновесия и структурной устойчивости грунта или грунтовой массы. Например, условно другой формой равновесия в зависимости от силы взаимодействия упругих, неупругих и псевдоупругих связей и контактов частиц грунта между собой. И эта другая форма более устойчива или неустойчива для данного промежутка времени. При таком понятии ука-

занных терминов (см. табл. 1, авторская редакция) есть возможность общения на одном понятийном и однозначном уровне и получения **взаимопонимания**. Кроме того, статическая осадка – это наиболее общий случай вертикального перемещения тела (осадки) под действием силы приложенной нагрузки, которая (осадка) возможна только тогда, когда статическая нагрузка на сжимаемую толщину достигает той массы, которая способна вызвать первый импульс движения. Этот импульс должен преодолеть сопротивление естественного строительного подъема основания (кривизну земной поверхности) и инерцию покоя массы сжимаемой толщи. В связи с этим прикладываемая нагрузка делится на два вида:

- а) нагрузка, которая воспринимается сжимаемой толщиной сразу;
- б) нагрузка, которая остается на последствие.

Наконец, если обратиться к истории развития русского языка, в частности к языкознанию, то найдем закон обратного отношения между сферой употребления слова и объемом его значения, установленный русским языковедом Н.В. Крушевским [16]. Этот закон является одним из основных, не только в современной теории информации, но и в терминологии. Связь между терминологией и языкознанием прослеживается и в статье З.А. Ахметжановой*. Она показывает, что «...В научный обиход отечественного языкознания понятие **концепт** было введено в 20-е годы XX века русским философом С.А. Аскольдовым-Алексеевым. В статье «**Концепт и слово**» (1928 г.) автор пишет: «**Общее понятие, как содержание акта сознания, остается до сих пор весьма загадочной величиной – почти неуловимым мельканием чего-то в умственном кругозоре...**». И что особенно важно, опираясь на идеи С.А. Аскольдова, можно сказать, что при помощи концептов люди разных национальностей осуществляют общение и что создание и восприятие концептов являются двухсторонним коммуникативным процессом. Существовая в простран-

стве языка, такая система определяет характер национальной картины мира. **От автора:** *среди таких концептов можно назвать, например: лошадь, рука, нога, нос, телега, зерно, элеватор и т.д.; и среди них встречаются такие концепты как: осадка, крен, просадка и т.д.*

В 20-е годы XX века к размышлениям о концептах отнеслись критически. З.А. Ахметжанова пишет: «...**Лишь в 80-е годы понятие «концепт» как термин адаптировалось в отечественной науке и стало востребованным.** Ю.С. Степанов в своих исследованиях, пытаясь разобраться в сущности ментального образования, обращается к этимологии слова. **Концепт** является калькой с латинского *conceptus* – «**понятие**» (которое перешло в англ. *concept* – **понятие, идея**. О каком-либо утверждении, идее – основополагающий, ключевой, самый важный). Это как бы сгусток культуры в сознании человека; то, в виде чего культура входит в ментальный мир человека. И с другой стороны, **концепт** – это то, посредством чего человек – рядовой, обычный человек, не «творец культурных ценностей» – сам входит в культуру, а в некоторых случаях и влияет на нее. Культура представлена как среда, в которую проникает человек. Это «пронизывание» более определенное и структурированное: оно осуществляется в виде ментальных образований – **концептов**. Человек как носитель концептов находится в постоянном коммуникативном взаимодействии с людьми разных национальностей».

Общение предполагает не только обмен языковыми категориями, но и обмен ментальным миром, который отчасти передается при помощи концептов, т.е. единицей межкультурной коммуникации является концепт.

Термин «межкультурная коммуникация» получил распространение в последние десятилетия и, по определению Зинченко, обозначает «вид системы культурной коммуникации с новым системным свойством». Концепт в качестве единицы межкультурной коммуникации отражает поиск культурного единства. Об этом, как указывает З.А. Ахметжанова, пишет В.Б. Кашкин: «**Глобальная цель и функция коммуникации, общения – объединение людей в единых действиях, цель коммуни-**

* Ахметжанова З.А. Ярославский педагогический вестник. – 2011. – № 4. – Том II (Психолого-педагогические науки).

кативного процесса не передача информации в одном направлении, а получение отзвука у получателя, не воздействие, а взаимодействие». Однако, как показывает опыт, научная общественность, например, в механике грунтов, совершенно глуха по отношению к научной терминологии, а если точнее, то к правильной научной речи, т.е. к правилам русского языка. Но для ведения межкультурной коммуникации (по М.М. Бахтину) необходимо знать особенности родного языка, которые помогают более быстрому пониманию чужой речи и чужого сознания. «Родной язык – его словарный состав и грамматический строй – мы узнаем не из словарей и грамматик, а из конкретных высказываний, которые мы слышим и которые мы сами воспроизводим в живом речевом общении с окружающими нас людьми». И, конечно, хотелось бы, чтобы не только в живом речевом, но и в письменном обращении чаще звучали правильные слова, выражения и термины, которые не засоряли бы научное слово и речь.

В свете указанного становится понятно, что терминология как часть межкультурной коммуникации необходима, потому что ведет к обогащению обеих сторон. Из этого, как минимум, следует, что термины в любой науке являются связывающим звеном не только в научном, но и в культурном плане.

К сожалению, в статье указана только часть состояния проблемы с терминологией в механике грунтов и нормативах, другая часть проблемы, связанная со строительными нормативами и терминологией, а также экономическими последствиями, описана в статье [5].

Выводы

1. В механике грунтов, в нормотворчестве в области строительства, в первую очередь, важны словари научно-технических терминов и понятий – участок терминологической работы, требующий особой бдительности, чтобы не допустить извращения и выхолащивания научно-технической мысли и содержания терминов. И в этом смысле был бы полезен СНиП 1-2 «Строительная терминология», в котором строительные нормативы должны быть объединены единым терминологическим тезаурусом.

2. Это важно и с тех позиций, что строительные нормативы определяют не только ка-

чество проектирования и строительства, но и надежную эксплуатацию зданий и сооружений, т.е. безопасность. Любое неверное толкование и использование такого толкования способны повлиять на результаты проектирования, строительства и последующую эксплуатацию здания и сооружения вплоть до создания угрозы третьим лицам с экономическими последствиями.

3. Любое **определение должно иметь заданные границы: прямо, или по умолчанию, создаваемым контекстом использования.** И это приводит к пониманию того, что любое бессмысленное **определение всегда ориентировано на какое-то практическое использование.** Лишить его этого в попытках сделать определение универсальным значит – лишить его определенного смысла, сделать многозначительным. Иначе говоря, определения, лишённые граничных условий, даже по умолчанию – бессмысленны. Точнее, они настолько многозначительны, что нет возможности выделить какой-то определенный смысл. Таким образом, смысл определения - контекстно зависим. Это означает, что есть определенные ограничения на то, как понимается смысл даже одним и тем же человеком. Поэтому смысл определения должен быть таким, чтобы его понимали однозначно.

4. Еще более опасными (в *техническом и экономическом плане*) могут быть последствия от принятия таких определений и терминов, так как будучи внедренными в состав официального нормативного документа, термин и само определение становится официально утвержденным. Здесь [1] парадокс заключается в том, что буквально бытовое толкование понятий приватизировали в качестве официального.

5. В строительной отрасли (в Мин. регионе России), где согласуется и утверждается большинство нормативных документов по строительству, должна быть экспертная комиссия (*или бюро*) по вопросам терминологии.

6. Все актуализированные нормативные документы в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений должны иметь сквозную, единую терминологию.

Библиографический список

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. – М., 2011.
2. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). – СПб, 2010.
3. Тимофеев Д.А., Дублянский В.Н, Кикнадзе Т.З. Терминология карста. – М.: Наука, 1991, 259 с.
4. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. – М., 1961.
5. Каширский В.И. К слову о словах или о терминологии в инженерных изысканиях. ООО «Гранд ГЕО». Электронный ресурс: <http://www.grandgeo.ru/science>.
6. Парадоксы механики сплошных сред. Новые подходы к постановкам и решения некоторых классических задач математической физики: Учебное пособие / Под общ.ред. В.Г. Барьяхтара (Рекомендовано Министерством образования и науки Украины как учебное пособие для студентов высших учебных заведений). – Киев: ПВП «Задруга». 2005, 212 с.
7. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1977. Вып. 3, 4. С. 237.
8. Де Боно Эдвард. Рождение новой идеи. О нешаблонном мышлении. – М.: Прогресс, 1976, 100 с.
9. Малеванный Д.А., Щербанев В.М., ООО «Институт Геокоминтиз», Севастополь. Геопрофиль. www.Internetgeo.info. «Инженерная геология и геотехника: особенности взаимоотношений», Инженерная геология, 2010, № 4, с. 21-23.
10. Сомервилл С.Г., Пауль М.А. Словарь по Геотехнике. – М.: Недра, 1986.
11. Кондаков Н.И. Логический словарь – справочник. – М., Наука, 1975, 720 с.
12. СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. – М., 1992.
13. СНиП 1-2. Строительная терминология. – М., 1980.
14. ГОСТ 24346-80. Вибрация (термины и определения). Стандарт СЭВ 1926-79. – М., 1980.
15. Энциклопедия Кругосвет. Электронный ресурс: <http://www.krugosvet.ru>
16. Бикташев М. Д. Башенные сооружения. Геодезический анализ осадки, крена и общего положения устойчивости., М.,АСВ,2006, 376 с.
17. Фундаментостроители о наболевшем Геотехника не отвечает требованиям времени. Электронный ресурс: <http://yandex-media.com/stroymaterial/1897-2011-10-17-02-29-20.html>
18. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). – М.: Стройиздат, 1986.





ВЕЛД

велд.рф

Головной офис: 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Уральская, 24
тел./факс: +7 (3519) 22-03-31, +7 (3519) 22-09-66; e-mail: weld@weld.su

- ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
- ЭНЕРГОАУДИТ
- ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
- ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПАМЯТНИКОВ ИСТОРИИ И КУЛЬТУРЫ
- РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ
- ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ
- ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ
- РЫНОЧНАЯ ОЦЕНКА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ
- МОНТАЖ И РЕМОНТ ОБЪЕКТОВ КОТЛОНАДЗОРА
- СТРОИТЕЛЬНЫЙ НАДЗОР
- НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
- НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
- ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ, ПЕРЕПОДГОТОВКА КАДРОВ, ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ С АТТЕСТАЦИЕЙ СПЕЦИАЛИСТОВ
- РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ ПАСПОРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
- УСТАНОВКА РЕГИСТРАТОРОВ ПАРАМЕТРОВ НА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИНАХ И СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

Уральское представительство
620100, г. Екатеринбург,
ул. Восточная, 7г, оф. 504
тел.: +7 (343) 287-07-56;
+7 922-123-50-29
e-mail: ekb@weld.su

Московское представительство:
115093, г. Москва
тел.: +7 915-009-28-49
e-mail: moscow@weld.su

Челябинское представительство
454080, г. Челябинск,
пр. Ленина, 89, офис 322
тел./факс: +7 (351) 265-53-59,
+7 (351) 265-39-63
e-mail: chel@weld.su

Читайте подробнее о нас | www.велд.рф
www.weld.su

weld@weld.su | Напишите нам письмо

ВОПРОСЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ ПЕРЕЕЗДОВ ЧЕРЕЗ ВОДОПРОВОДЯЩИЕ КАНАЛЫ

УДК 626.843

Волосухин
Виктор Алексеевич

**Заведующий кафедрой «Строительная механика»
ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная
мелиоративная академия», г. Новочеркасск,
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ**

Бандурин
Михаил Александрович

**Доцент кафедры «Строительная механика»
ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная
мелиоративная академия», г. Новочеркасск,
кандидат технических наук, доцент**

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты моделирования технического состояния длительно эксплуатируемых мостовых переездов через водопроводящие каналы. В результате эксперимента была построена твердотельная модель несущих элементов мостового переезда через водопроводящие каналы. Рассмотрено напряжённо-деформированное состояние железобетонных несущих элементов при различных сочетаниях нагрузок. В результате проведенных численных экспериментов были выделены зоны образования дефектов и повреждений на несущих элементах мостовых переездов через водопроводящие каналы, которые могут содержать однотипные виды характерных повреждений, что позволяет упорядочить процесс прокладывания профилей георадарного зондирования и определения точек, в которых необходимо производить измерения прочности бетона при проведении натурных обследований. В связи с этим произведено моделирование дефектов на колонне в виде образования пустот и разуплотнений железобетона с размерами диаметром от 50 до 100 мм. Установлен интенсивный порог опасности, начиная с диаметра 100 мм образования пустот и разуплотнений железобетона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Гидротехнические сооружения,
Водопроводящие каналы,
Мостовые переезды,
Эксплуатационный мониторинг,
Моделирование,
Техническое состояние*

В настоящее время многие из оросительных систем России, построенных в 1950-1970 годы, находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют скорейшей реконструкции или ремонта. В первую очередь, это касается водопроводящих сетей, протяжённость которых измеряется тысячами километров. Только на Северном Кавказе протяжённость таких сетей достигает 80 тыс.км. В Ростовской области около 70% каналов водоподводящих и водораспределительных сетей находятся в земляных руслах, в остальных регионах Северного Кавказа, за исключением Ставро-

польского и Краснодарского краев, протяжённость их еще более значительна [1].

Обследования водопроводящих сооружений субъектов РФ показали, что в ряде случаев их эффективность, эксплуатационные качества и надежность оказываются недостаточными, что связано с нарушениями нормального выполнения функции водообеспечения системами, отказами в их работе. Наиболее частыми являются дефекты внутреннего характера, приводящие к нарушению нормального функционирования водопроводящих сооружений.

Мостовой переезд является составной частью автомобильной дороги и представляет собой комплекс сложных и дорогостоящих сооружений. Мостовой переезд нужно рассматривать не только как транспортное, но и как гидротехническое сооружение, а, следовательно, размеры и форма мостового переезда в значительной степени обосновываются гидрологическими, гидравлическими и русловыми расчетами (рис. 1).

При проектировании мостового переезда необходимо решать одновременно следующие задачи (рис. 2):

1) создать оптимальные условия для перевозки грузов и пассажиров автомобильным транспортом;

2) обеспечить возможность надежной работы мостового переезда в течение длительного срока его службы в условиях непостоянства речного стока, природных русловых деформаций, нарушения мостовым переездом естественного режима реки;

3) получить экономически обоснованное проектное решение, которому соответствует минимальная величина строительных и эксплуатационных затрат;

4) свести до минимума неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

Преобладающими аварийными дефектами являются полное разрушение, образование дефектов, нарушающих нормальную работу конструкции; нарушение стыковых соединений (рис. 3), а также разрушение зон опирания (рис. 4), замковой части. Опасными дефектами, вызывающими ухудшение эксплуатационных свойств в элементах конструкции, становятся образующиеся трещины, размеры которых превышают предельно допустимые значения, установленные СНИПом 12-01-2004 «Бетонные и железобетонные конструкции», отслоение защитного слоя бетона, коррозия бетона арматуры в виде высолов и ржавых потеков [2].



Рис. 1. Общий вид мостового переезда через Право-Егорлыкский канал



Рис. 2. Нормальное эксплуатационное состояние мостового переезда



Рис. 3. Разрушение несущих элементов мостового переезда



Рис. 4. Разрушение несущей колонны мостового переезда

Можно сделать вывод, что нарушения стыковых соединений сборных элементов, разрывы и проломы стенок в различных зонах, трещины, сдвигка и просадка элементов относительно друг друга приводят к нарушению нормальной работы мостовых переездов. Отсюда возникают такие проблемы, как потеря дефицитной поливной воды, подъем уровня грунтовых вод, заболачивание и засоление орошаемых земель. Решение данных проблем должно быть основано на обязательном учете требований надежности при проектировании, строительстве и эксплуатации.

В процессе эксплуатации под воздействием агрессивных факторов внешней среды происходит изменение свойств конструкций водопроводящих сооружений. Несвоевременно выявленные и устраненные дефекты нередко перерастают в серьезные конструктивные нарушения. Моделировать техническое состояние мостовых переездов предлагается с применением программного комплекса SCAD в сочетании с исследованием технического

состояния их конструкции по внешним признакам.

В результате эксперимента была построена твердотельная модель несущих элементов мостового переезда через водопроводящие каналы (рис. 5). Рассмотрено напряженно-деформированное состояние железобетонных несущих элементов при различных сочетаниях нагрузок.

Число элементов и число узлов ансамбля соответственно составило 479021 и 32901. Кодирование исходной информации осуществлялось в терминах метода приращений с учётом фрагментального представления несущих элементов мостового переезда в виде объектов простой геометрической формы, выполненных из железобетона марки В 45.

В постановке численного расчета несущих элементов мостового перехода через водопроводящие каналы без образования дефектов преследовалась цель установления адекватности твердотельной модели напряженно-деформированного состояния.

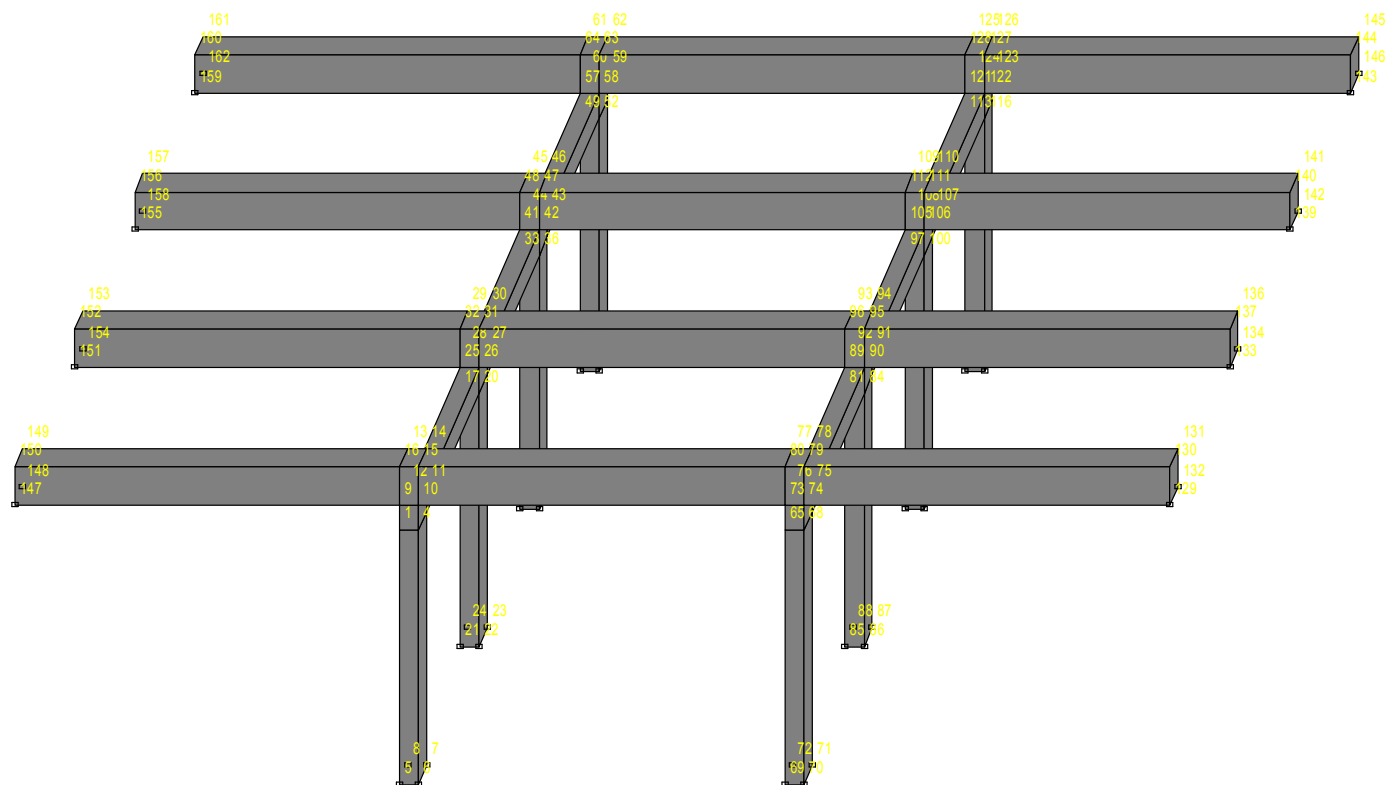


Рис. 5. Конечно-элементная модель несущих элементов мостового переезда через водопроводящие каналы

При проведении натурного эксперимента наибольшие значения нормальных напряжений при полном загрузении составили $102,4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, в численном расчете моделирования – $98,7 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, что составляет разницу менее 7% и подчеркивает адекватность твердотельной модели напряжённо-деформированного состояния [3].

Сравнения эпюр перемещений несущих элементов мостового переезда через водопроводящие каналы, как по вертикали, по горизонтали вдоль и поперёк несущих элементов выявило незначительные внутренние изменения. Наиболее интересна эпюра перемещений по вертикали (рис. 6), на которой показано изменение положения горизонтальных элементов вследствие приложенных нагрузок, а также смещение оголовков колонн. Данные результаты свидетельствуют о наличии большого запаса прочности именно горизонтальных элементов [4].

На других эпюрах показаны незначительные перемещения (рис. 7-9), которые не привели к значительным изменениям, все данные находятся в допустимых границах. Перемещения по горизонтали вдоль несущих элементов (рис. 7) показывают незначительные смещения зон опирания железобетонных балок, а перемещения по горизонтали поперек (рис. 8) несущих элементов показывают смещения крайних колонн и опертых на них железобетонных балок.

Как показали результаты сравнения эпюр эквивалентного напряжения von Mises (рис. 9-11), наибольшие напряжения возникают по вертикали несущих элементов мостового переезда (рис. 9), а именно на крайних колонах и горизонтальных балках, опертых на них. Данные результаты свидетельствуют о возникновении критических напряжений в крайних колоннах на четверть больше, чем в других колоннах мостового переезда [5].

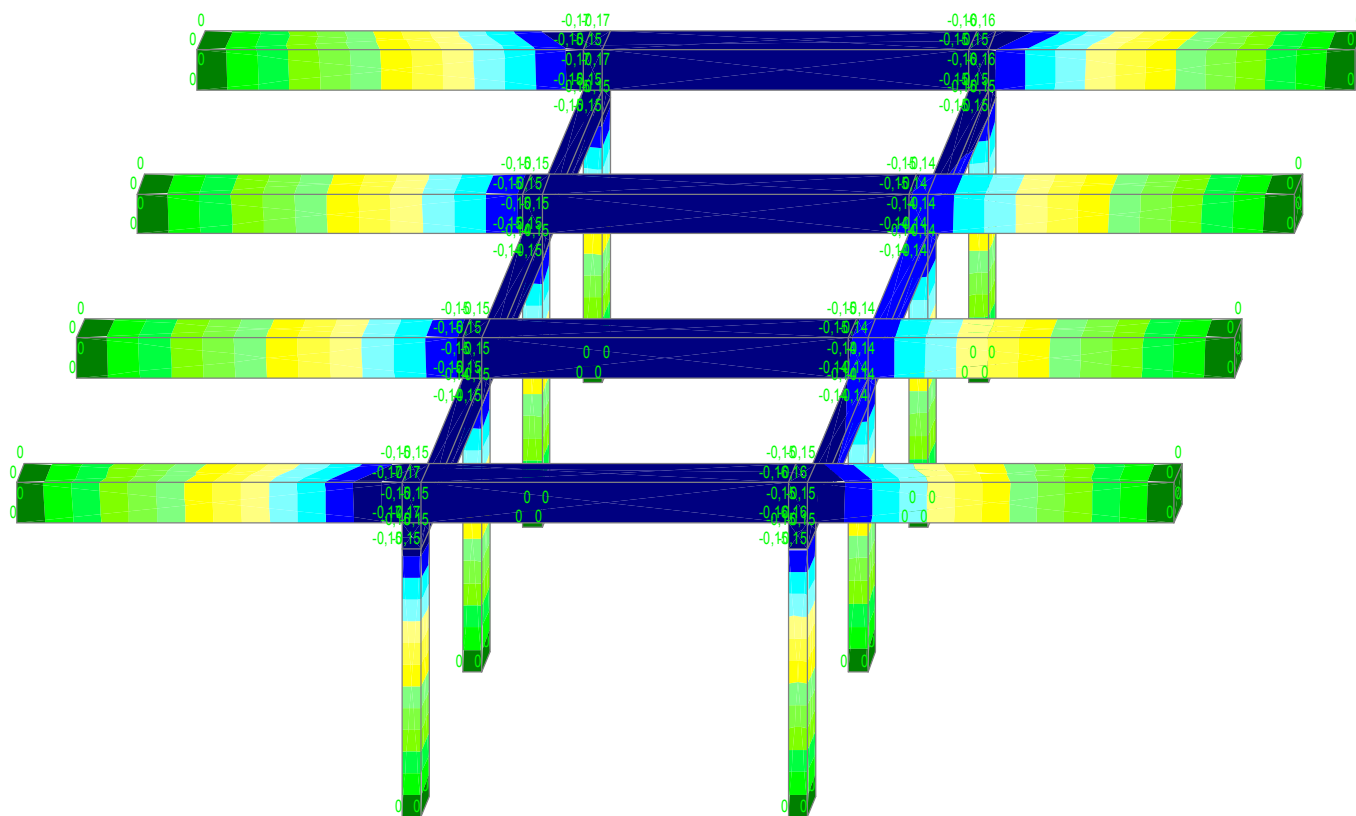


Рис. 6. Эпюра перемещений по вертикали несущих элементов мостового переезда

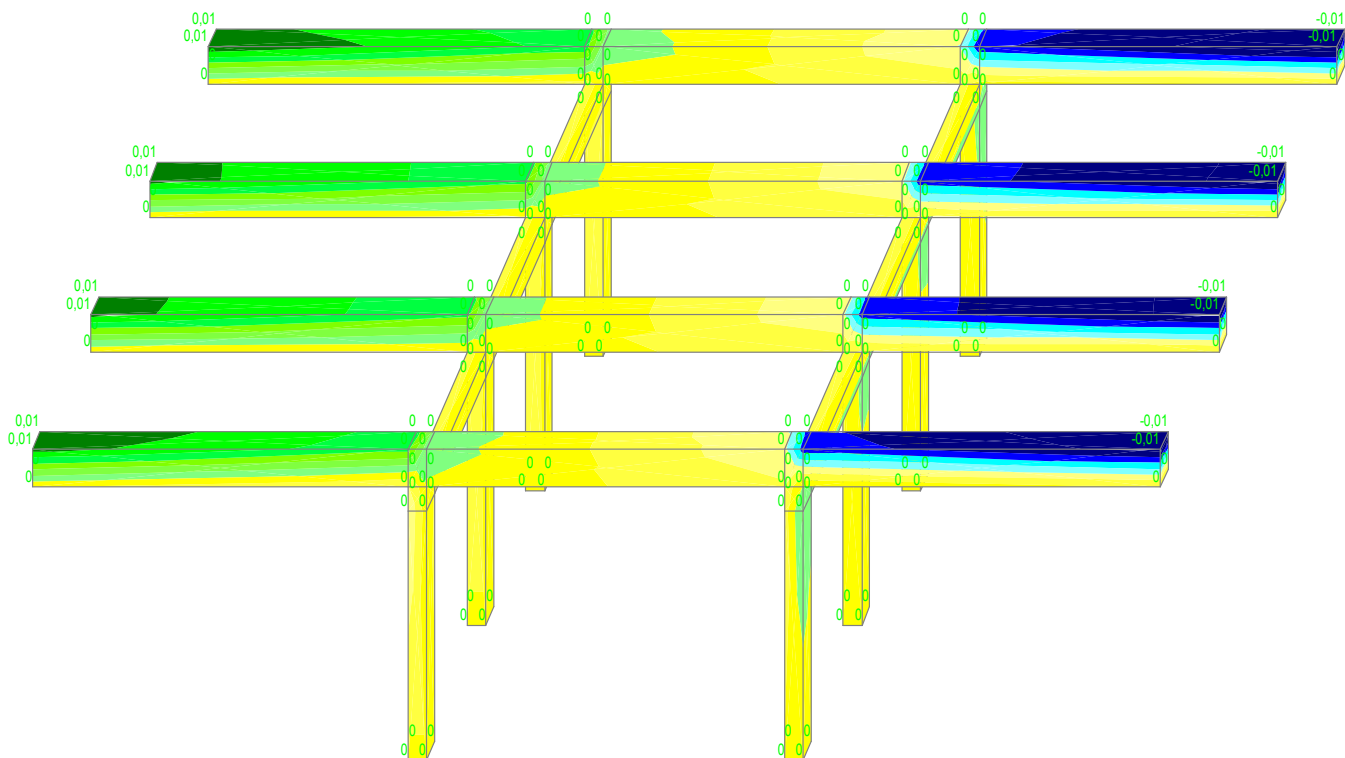


Рис. 7. Эпюра перемещений по горизонтали вдоль несущих элементов мостового переезда

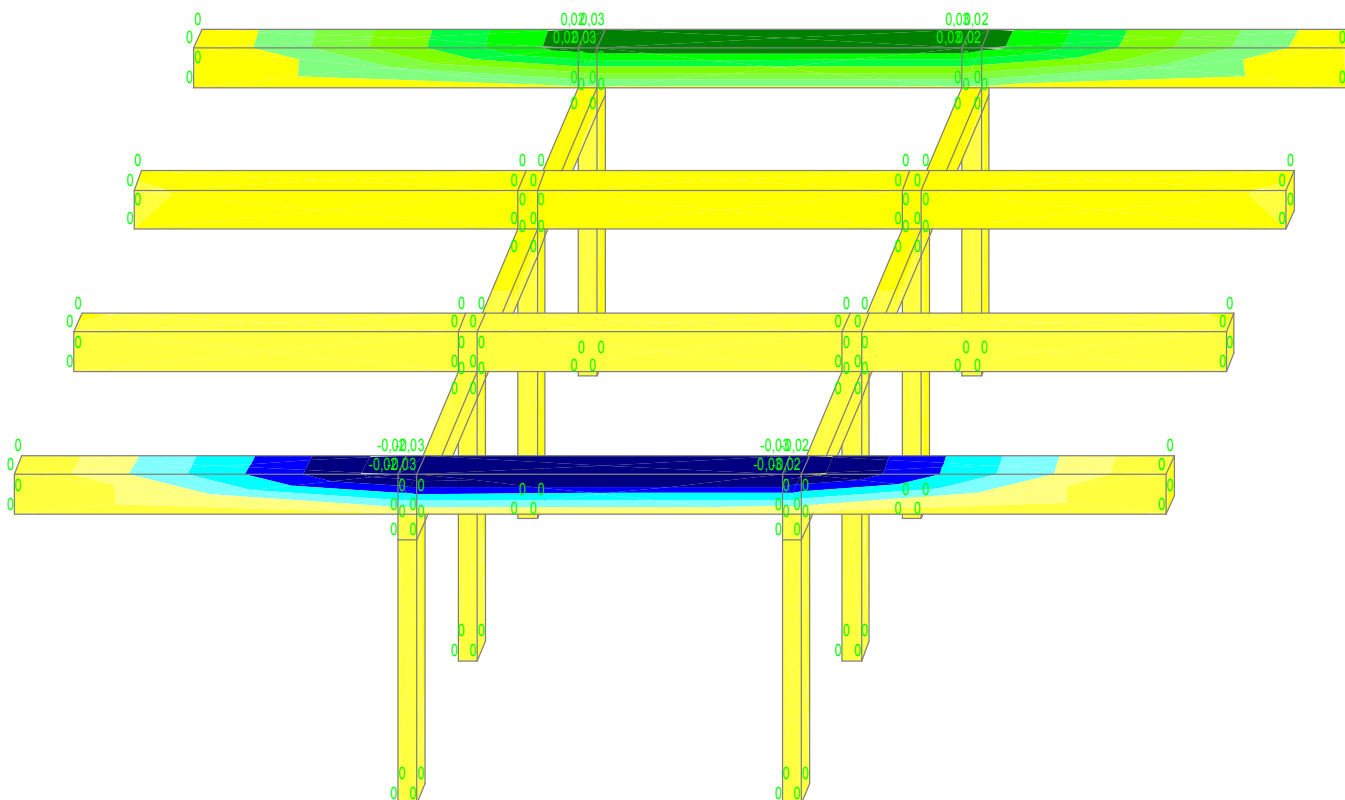


Рис. 8. Эпюра перемещений по горизонтали поперёк несущих элементов мостового переезда

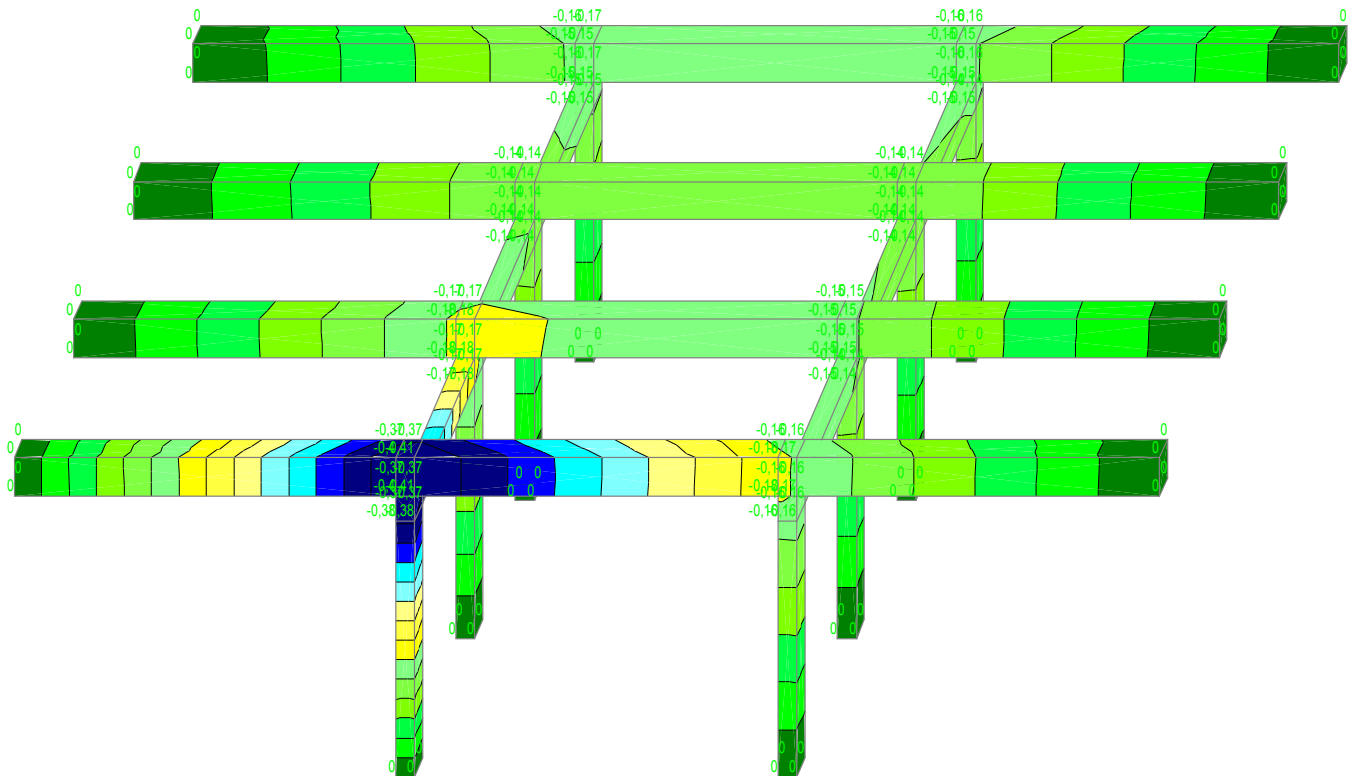


Рис. 12. Эпюра перемещений по вертикали элементов мостового проезда при потере несущей способности колонны

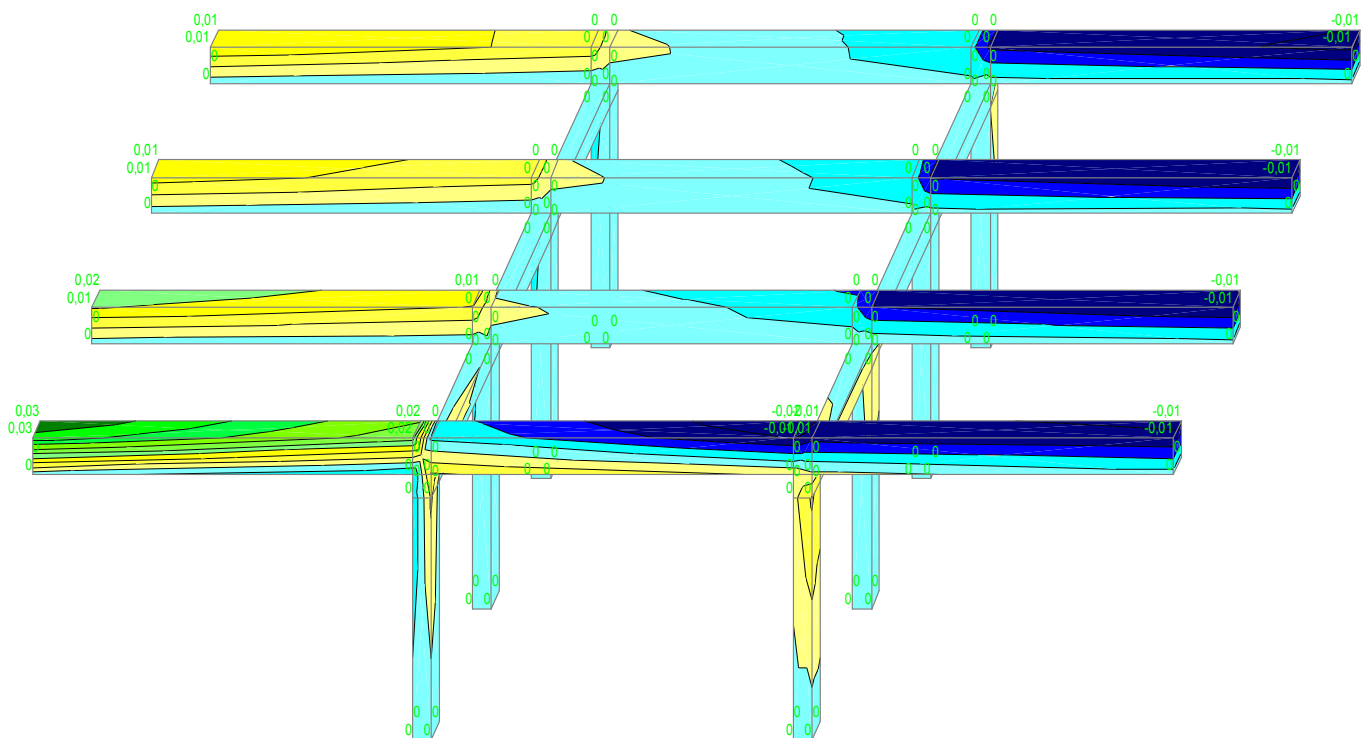


Рис. 13. Эпюра перемещений по горизонтали вдоль элементов мостового проезда при потере несущей способности колонны

Данные результаты свидетельствуют о возникновении критических напряжений в местах опирания в два раза больше, чем в других колоннах мостового переезда, что приводит к разрушению рассматриваемых элементов и потере несущей способности всего сооружения [8].

Эпюры эквивалентного напряжения von Mises по горизонтали вдоль и поперек несущих элементов мостового переезда (рис. 15-17) показывают также критические напряжения, возникающие в зоне опирания балок на оголовки колонны, вызванные деформациями несущих элементов [9]. Присутствуют также критические напряжения в горизонтальных железобетонных элементах (рис. 17).

В дальнейшем произведено моделирование дефектов на колонне в виде образования пустот и разуплотнений железобетона с потерей несущей способности до половины ее площади. Размеры диаметра дефекта были от 50 до

100 мм [10]. В ходе произведенных моделирований был установлен интенсивный порог опасности: начиная с диаметра 100 мм происходит разрушение колонны.

Выводы. В результате проведенных численных экспериментов были выделены зоны образования дефектов и повреждений на несущих элементах мостовых переездов через водопроводящие каналы, которые могут содержать однотипные виды характерных повреждений, что позволяет упорядочить процесс прокладки профилей георадарного зондирования и определения точек, в которых необходимо производить измерения прочности бетона при проведении натурных обследований. В связи с этим произведено моделирование дефектов на колонне в виде образования пустот и разуплотнений железобетона с размерами диаметром от 50 до 100 мм. Установлен интенсивный порог опасности: начиная с диаметра 100 мм образования пустот и разуплотнений железобетона.

Библиографический список

1. Бандурин М.А. Мониторинг напряженно-деформированного состояния мостовых переездов на водопроводящих каналах / Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. №4. С. 110-124.
2. Бандурин М.А. Обследование состояния оросительных лотковых каналов Азовской оросительной системы неразрушающими методами / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – №24. – С. 72-76.
3. Устройство для проведения эксплуатационного мониторинга водопроводящих сооружений пат. 2458204 Рос. Федерация: МПК Е 02 В 13/00 / Волосухин В.А., Бандурин М.А.; заявитель и патентообладатель ИБГТС. – №2010111995, заявл. 29.03.10; опубл. 10.08.12, Бюл. №30. – 8 с.
4. Бандурин М.А. Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале / Инженерный вестник Дона. – 2012. – №3. – С. 18-23.
5. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Особенности применения моделирования аварийных мостовых переездов через водопроводящие каналы при проведении эксплуатационного мониторинга / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия Технические науки. – 2012. – №5. – С. 82-86.
6. Бандурин М.А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / Инженерный вестник Дона. – 2012. – №2. – С. 693-696.
7. Бандурин М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / Инженерный вестник Дона. – 2012. – №3. – С. 29-34.
8. Бандурин М.А. Применение программно-технического комплекса для решения задачи проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений / Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4. – С. 173-179.
9. Бандурин М.А. Мониторинг и расчет остаточного ресурса аварийных мостовых переездов через водопроводящие сооружения / Инженерный вестник Дона. – 2012. Т.22. №4-1. С. 37-43.
10. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга / Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. №1. С. 70-74.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ БЕЗОПАСНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 621.039:539.4

Гера

Василий Иосифович

Доцент кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники»
ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», кандидат технических наук

Марченко

Михаил Андреевич

Старший преподаватель кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники»
ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», кандидат технических наук

Решетников

**Дмитрий
Владимирович**

Старший преподаватель кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники»
ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», кандидат технических наук

АННОТАЦИЯ

В статье предложена методика оптимального распределения средств для достижения приемлемого уровня безопасности сложных технических систем. Методика основана на использовании принципа оптимальности Беллмана и математическом аппарате динамического программирования. Применение методики позволяет получить зависимости показателей безопасности функционирования элементов СТС от средств, распределяемых на выполнение работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Безопасность,
Динамическое
программирование,
Сложная техническая система*

Вследствие растущих потребностей общества происходит насыщение техносферы техническими объектами, в которых аккумулируются искусственно созданные энергетические запасы, представляющие потенциальную опасность для человека и окружающей его среды. Рост потенциальной опасности от возможных аварий вынуждает при дальнейшей разработке научно-методического аппарата управления развитием сложных технических систем (СТС) проводить глубокие научные исследования проблем обеспечения безопасности эксплуатации СТС и разработки методического аппарата их решения.

Успешное решение задач, стоящих перед промышленностью в настоящих условиях, связано с необходимостью поддержания тре-

буемого уровня технического состояния СТС, а также обеспечения требуемого технико-экономического уровня.

Важным аспектом задачи управления качеством является рассмотрение СТС с позиции комплексного учета как технических, так и экономических факторов, а также механизма их взаимовлияния. Наиболее полно связь технических и экономических факторов проявляется при оценивании технико-экономического уровня (ТЭУ).

С позиций конечного потребителя ТЭУ представляется как компромисс между полезным эффектом, полученным от использования СТС, обладающей определенным уровнем, и экономическими затратами на её создание, производство, монтаж и эксплуатацию.

Технико-экономический уровень технологического оборудования объектов наземной космической инфраструктуры (ОНКИ) можно представить в виде комплекса, включающего в себя две группы компонент:

$Y_{(n_1)}$ – показатель (вектор) технического уровня технологического оборудования ОНКИ;

$R_{(n_2)}$ – показатель (вектор) экономических затрат при определенном техническом уровне.

Тогда технико-экономический уровень (ТЭУ) можно представить в виде 2-мерного вектора, содержащего показатели «качества» технологического оборудования:

$$TЭУ_{(2)} = \langle Y_{(n_1)}, R_{(n_2)} \rangle. \quad (1)$$

Как видно из формулы (1), ТЭУ – относительная характеристика технического совершенствования и потенциальной эффективности, полученная в результате сопоставления значений системы технико-экономических показателей оцениваемого и наилучшего аналога.

ТЭУ может использоваться в качестве оценочного показателя экономичности и качества техники при принятии решения о совершенствовании СТС.

Комплексный показатель технического уровня Y можно представить в виде иерархической структурной схемы показателей, представленной на рис. 1.

При последующей свертке индексов различных показателей в комплексный показатель технического уровня Y используются коэффициенты весомости показателей.

Определение коэффициентов весомости показателей качества возможно различными способами. Одним из широко используемых методов решения задачи является метод собственных значений Т. Саати, рассмотрение которого выходит за пределы данной статьи.

Анализ существующей на данный момент научно-технической литературы в области развития технических систем (ТС) и безопасности их эксплуатации показывает, что попытки продекларировать требования безопасности не всегда оказываются удачными (даже противоречивыми, на что указывает автор работы [1]). Во многих работах по безопасности авторы опираются, как правило, на результаты обработки статистического материала о происшествиях (отказах), что приемлемо только для сложных технических систем (СТС), размеры потенциальных и реализованных ущербов на которых незначительны и крайне не приемлемы для «серьезных» объектов (с точки зрения потенциальной опасности). К таким объектам относятся:

- оружие массового поражения;
- объекты ядерной и химической промышленности;
- авиационные и ракетно-космические комплексы;
- объекты нефтегазовой, горнодобывающей и металлургической промышленности.

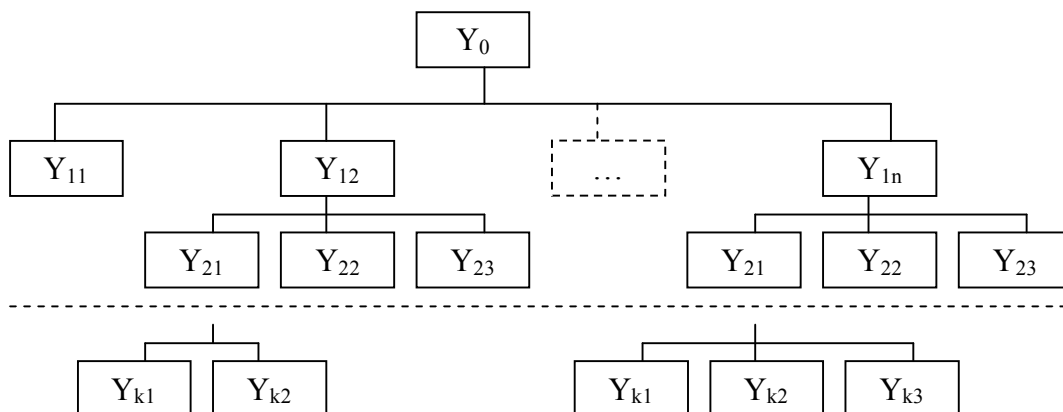


Рис. 1. Иерархическая структура показателей качества:

Y_0 – 0-го уровня; Y_{11}, \dots, Y_{1n} – 1-го уровня;

Y_{21}, \dots, Y_{2n} – 2-го уровня;

Y_{k1}, \dots, Y_{kn} – k-го уровня

Вместе с тем необходимо отметить, что большинство СТС являются «человеко-машинными» и по статистическим данным [2, 3] 70% происшествий происходит по вине обслуживающего персонала, 30% – по причине отказов элементов СТС, а также вследствие недостатков проекта и т.д. Данное обстоятельство недостаточно отражено в принятых за последнее время руководящих документах по проведению анализа риска опасного производственного объекта (ОПО) [4]. При анализе риска также не учитываются существующие на ОПО системы обеспечения безопасности эксплуатации (СОБЭ) СТС, представляющие собой совокупность взаимосвязанных средств обеспечения нештатных ситуаций (выхода из них, парирования и т.п.) и организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности эксплуатации.

Исходя из вышесказанного при количественном анализе опасностей, связанных с отказами «человеко-машинных» систем, целесообразно использовать подход, изложенный в [5]. Однако и он не учитывает текущее техническое состояние, способность парировать (полностью, частично) опасную или критическую ситуацию, «поглощать» энергию (тепловую, механическую и т.д.), выделяемую в результате реализации происшествия средствами существующих на ОПО СОБЭ.

Обоснованию требований к СОБЭ СТС предшествует этап анализа безопасности эксплуатации. В общем случае анализ безопасности эксплуатации СТС включает:

- 1) оценивание безопасности;
- 2) выявление параметров управления безопасностью.

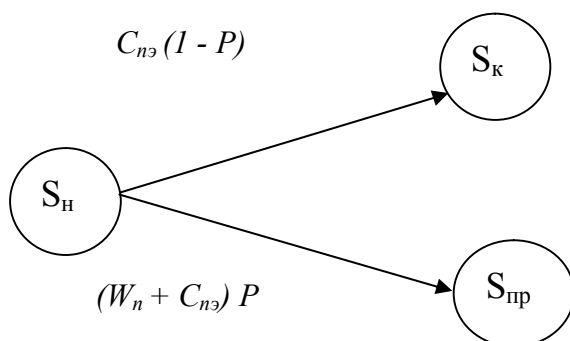


Рис. 2. Граф состояний СТС на этапе эксплуатации с учетом возникновения происшествий

Для реализации первого этапа необходимо выполнить нормирование безопасной эксплуатации СТС, т.е. определить приемлемый (допустимый) уровень безопасности эксплуатации СТС. Сущность предлагаемого подхода состоит в том, что требования к допустимой вероятности возникновения происшествия на СТС должны определяться индивидуально с учетом возможного ущерба в результате данного типа происшествия и критериев экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации СТС с точки зрения безопасности.

Применение СТС по назначению имеет своей целью получение какого-то полезного эффекта $C_{nз}$ (прибыли) и характеризуется состоянием S_k . Однако в процессе применения СТС по назначению возможно причинение ущерба W_n (неполучение прибыли), связанного с возникновением происшествия и оцениваемого риском $(W_n + C_{nз}) P$. Данные рассуждения могут быть представлены в виде графа состояний СТС (рис. 2).

Таким образом, представляется возможным утверждать, что безопасность эксплуатации СТС может считаться приемлемой в том случае, если полезный эффект от применения СТС по назначению будет больше риска возникновения происшествия (для происшествий, при которых ущерб наносится СТС и среде). Кроме того, риск гибели человека будет не выше риска гибели в естественных условиях (в результате дорожно-транспортных происшествий, стихийных бедствий и т.п.), что соответствует 10^{-6} . Следовательно,

$$P_n^{\partial} = \begin{cases} 10^{-6} - \text{при возд - ии на ллюде} \\ \frac{C_{nз}}{2C_{nз} + W_n} - \text{при возд - ии на СТС, среду,} \end{cases} \quad (2)$$

Здесь величина $C_{nз} = (Z + A) K_{рен}$ выражает полезный эффект от эксплуатации (применения) СТС; $Z = (Z_{рм} + Z_{см} + Z_{эн} + Z_{ден} + Z_{зис} + Z_{то} + Z_{сод}) K_{общ} K_{прч}$ – затраты, направленные на применение, (расходные материалы, горюче-смазочные материалы, энергия, заработная плата ОП, эксплуатация зданий и сооружений, ремонт и проведение ТО, содержание ОП); $K_{общ} = 1 + \gamma$ – расходы верхнего уровня в долях от 1 (~0,05%); $K_{прч} = 1 + \omega$ – расходы, не связанные с применением в долях от 1 (~0,03%); A – амортизацию элементов СТС; $K_{рен}$ – коэффициент рентабельности. Возможный ущерб



при реализации происшествия n -го типа может быть выражен величиной W_n , равной сумме ущербов $W_{непоср}$, $W_{стр}$ и $C_{ном}$.

В выражении $W_n = (AC_{эл} + C_{восст} + C_{реп}) + (\Sigma C_{стр}) + [t(\Delta C_{нр}^{пл} - \sum_i^N (C_{инл} - C_{ифакт}))]$ сла-
гаемое $AC_{эл}$ характеризует стоимость повреж-
денных элементов (систем) с учетом аморти-
зации; $C_{восст}$ – стоимость элементов, необхо-
димых для восстановления работоспособно-
сти СТС; $C_{реп}$ – стоимость ремонтно-
восстановительных работ; $\Sigma C_{стр}$ – ущерб,
причиненный окружающей среде, прилегаю-
щим объектам, жителям прилегающих рай-
онов; $C_{ном}$ – неполученный эффект в резуль-
тате простоя; t – время вынужденного про-
стоя; $\Delta C_{нр}^{пл}$ – планируемый полезный эффект
за время t ; $C_{инл}$ – максимальную произво-
димость согласно эксплуатационной доку-
ментации; $C_{ифакт}$ – фактическую произво-
димость в рассматриваемый период.

Анализ выражения (2) позволяет сделать вывод, что оно отражает не только технико-
экономический аспект обеспечения безопас-
ности эксплуатации СТС, но и принятый на
текущий момент уровень «приемлемости
риска».

Очевидно, что для реализации второго эта-
па необходимы модели возникновения воз-
можных происшествий и исходные данные к
ним. При этом если модели могут быть по-
строены как на этапе проектирования, так и
на этапе эксплуатации СТС, то необходимые
исходные данные к ним можно получить
только на этапе эксплуатации.

В работе [7] предложен подход анализа на-
дежности и безопасности структурно-
сложных систем в условиях недостаточности
исходных данных. Суть его состоит в по-
строении логико-вероятностной модели воз-
никновения происшествия и ее последующем
структурном анализе.

После проведения анализа состояния безо-
пасности целесообразно перейти к управле-
нию безопасностью, т.е. к оптимальному рас-
пределению средств для достижения прием-
лемого уровня безопасности эксплуатации
СТС.

Непременным требованием к процессу
управления безопасностью является достиже-
ние заданных результатов при минимальных

издержках. Для разработки оптимальных в
этом смысле планов финансового обеспечения
процесса управления необходимо знать, какой
эффект будет получен от той или иной суммы
вложений в работы по управлению, т.е. к ка-
кому изменению показателя вероятности воз-
никновения происшествия приведет их вы-
полнение. Функцию, характеризующую эти
изменения, назовем функцией чувствительно-
сти вероятности возникновения происшествия
к вложению средств на управление безопасно-
стью или, для краткости, *функцией отклика*.

В процессе анализа состояния безопасно-
сти СТС можно определить перечень работ на
каждом виде оборудования СТС, входящих в
его состав, в результате выполнения которых
может быть уменьшена вероятность возник-
новения происшествия или парирован пора-
жающий фактор. Каждая из таких работ
должна характеризоваться затратами на ее
проведение и "вкладом" в улучшение (ухуд-
шение) названного показателя. Эта информа-
ция может быть использована в качестве ис-
ходных данных для последовательного опре-
деления соответствующих функций отклика
на проведение управления безопасностью от-
дельных видов оборудования, объектов, вхо-
дящих в состав системы, и их совокупности,
т.е. СТС в целом. Полученные функции от-
клика, в свою очередь, являются исходным
материалом для решения задачи определения
оптимального объема работ по управлению
безопасностью СТС, обеспечивающего тре-
буемые значения показателя приемлемого
уровня безопасности при минимальных за-
тратах. Рассмотрим последовательно матема-
тические постановки (алгоритмы) решения
задач определения функций отклика и опти-
мального объема работ по управлению безо-
пасностью эксплуатации СТС.

Математическая постановка задачи опре- деления функций отклика

Введём обозначения:

I – количество происшествий, возможных при
эксплуатации СТС;

J_i – количество причин i -го происшествия;

K_{ij} – количество возможных мероприятий
(работ), направленных на снижение веро-
ятности возникновения j -й причины или
поражающего фактора i -го происшествия;

V_{ijk} – количество вариантов выполнения k -й работы по снижению вероятности возникновения j -й причины или поражающего фактора i -го происшествия;

L – количество показателей безопасности функционирования СТС.

Исходные данные для решения задач определения функций отклика отдельных причин происшествий или возникновения поражающего фактора целесообразно представить в виде совокупности таблиц, построенных для каждой причины происшествия и имеющих структуру, подобную структуре табл. 1.

В табл. 1 работы по управлению состоянием СТС и варианты их выполнения расположены в порядке возрастания стоимости их выполнения. В табл. 1 используются следующие обозначения:

r_{ijk} – условное наименование k -й работы ($k = \overline{1, K_{ij}}$) по управлению j -й причины ($j = \overline{1, J_i}$) i -го происшествия ($i = \overline{1, I}$);

c_{ijkv} – затраты на выполнение v -го варианта ($v = \overline{1, v_{ijk}}$) ijk -й работы по управлению;

$\Delta \Pi_{ijkv}^{\ell}$ – приращение l -го показателя безопасности функционирования СТС ($\ell = \overline{1, L}$) за счет выполнения k -й работы по управлению j -й причиной i -го происшествия.

Суммарное изменение показателя безопасности ij -й причины происшествия является некоторой функцией частных приращений этих показателей за счет выполнения ijk -работ по управлению, т.е.

$$\Delta \Pi_{ij}^l = f_l(\Delta \Pi_{ij1}^l, \Delta \Pi_{ij2}^l, \dots, \Delta \Pi_{ijK_{ij}}^l). \quad (3)$$

Функция (4) часто является аддитивной. В этом случае функция (3) примет вид

$$\Delta \Pi_{ij}^l = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \Pi_{ijk}^l$$

Тогда для решения задач определения функций отклика на снижение вероятности возникновения отдельных причин происшествия, происшествий, возможных в процессе применения объектов СТС, а также совокупности этих объектов может быть применен метод динамического программирования. Названные задачи решаются последовательно: сначала определяются функции отклика, характеризующие чувствительность показателей безопасности функционирования СТС к снижению вероятности возникновения причин происшествий, а затем на основе этих данных – к происшествию и, наконец, суммарная функция отклика к происшествиям, которые возможны в процессе функционирования СТС. Сформулируем эти задачи.

В случае наличия в перечне работ по управлению ij -й причиной происшествия альтернативных вариантов показатели безопасности функционирования СТС и ограничения на ресурсы, выделяемые для достижения приемлемого уровня безопасности, должны быть записаны в виде:

$$\Delta \Pi_{ij}^{\ell} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \Pi_{ijk}^{\ell} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1v} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{jk}}^{\ell} c_{ijkv_{jk}}) \\ \forall \ell, i, j, k, v \quad x_{ijkv}^{\ell} \in \{0, 1\}, \quad \sum_{v=1}^{v_{jk}} x_{ijkv}^{\ell} \in \{0, 1\} \\ \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J_i} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{jk}}^{\ell} c_{ijkv_{jk}}) \leq C_{ij}$$

где C_{ij} – возможное количество средств, выделяемых на управление j -й причины i -го происшествия.

В этом случае первая задача может быть сформулирована следующим образом.

Таблица 1

Перечень работ	Стоимость выполнения работ	Приращение показателя безопасности				
		$\Delta \Pi^1$	...	$\Delta \Pi^l$	...	$\Delta \Pi^L$
r_{ijl}	c_{ijl}	$\Delta \Pi_{ijl}^1$	...	$\Delta \Pi_{ijl}^l$	...	$\Delta \Pi_{ijl}^L$
r_{ijk}	c_{ijk}	$\Delta \Pi_{ijk}^1$	...	$\Delta \Pi_{ijk}^l$	...	$\Delta \Pi_{ijk}^L$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
$r_{ijkV_{ijk}}$	$c_{ijkV_{ijk}}$	$\Delta \Pi_{ijkV_{ijk}}^1$	...	$\Delta \Pi_{ijkV_{ijk}}^l$	...	$\Delta \Pi_{ijkV_{ijk}}^L$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$r_{ijK_{ij}}$	$c_{ijK_{ij}}$	$\Delta \Pi_{ijK_{ij}}^1$	...	$\Delta \Pi_{ijK_{ij}}^l$	...	$\Delta \Pi_{ijK_{ij}}^L$

Задача 1.

Дано: зависимости $\Delta \Pi_{ijk}^l (C_{ijk})$.

Найти: для $\forall i = 1 \dots I, j = 1 \dots J, l = 1 \dots L$ и $C_{ij} = c_{ij}^{\min}, c_{ij}^{\min} + \Delta c_{ij}, c_{ij}^{\min} + 2 \Delta c_{ij}, \dots, c_{ij}^{\max}$

$$\vec{X}_{ij}^{\ell} = \arg \max_{\vec{x}_{ij}^{\ell}} \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta \Pi_{ijk}^{\ell} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{jk}}^{\ell} c_{ijkv_{jk}})$$

при условии, что

$$\sum_{k=1}^{K_{ij}} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{jk}}^{\ell} c_{ijkv_{jk}}) \leq C_{ij}$$

где $\vec{x}_{ij}^{\ell} = [x_{ij11}^{\ell}, x_{ij12}^{\ell}, \dots, x_{ij1v_{i1}}^{\ell}, \dots, x_{ijk1}^{\ell}, x_{ijk2}^{\ell}, \dots, x_{ijkv_{jk}}^{\ell}]^T$ –

вектор, характеризующий оптимальный объем работ по управлению j -й причиной i -го происшествия при выделении для этой цели ассигнований в размере C_{ij} . Каждому элементу x_{ijkv}^{ℓ} , равному 1, соответствует работа r_{ijkv} , а элементы x_{ijkv}^{ℓ} , равные нулю, указывают на то, что соответствующие им работы r_{ijkv} нецелесообразно выполнять при данном уровне финансирования C_{ij} ;

Δc_{ij} – точность распределения средств по работам плана управления j -й причиной i -го происшествия;

$$C_{ij}^{\min} = \min_k \min_v C_{ijkv}, \dots, C_{ij}^{\max} = \sum_k \max_v C_{ijkv}, v = \overline{1, v_{ijk}}$$

Так как задача решается для спектра значений C_{ij} , то в результате ее решения получим не только оптимальный объем работ по управлению j -й причиной i -го происшествия, но и дискретную функцию $\Delta \Pi_{ij}^l(c_{ij})$, характеризующую чувствительность показателя безопасности функционирования к вложению средств на управление т.е. снижение последствий при реализации j -й причины i -го происшествия.

Задача 2.

Дано: зависимости $\Delta \Pi_{ij}^l(c_{ij})$, полученные в результате решения первой задачи.

Найти: для $\forall i = 1 \dots I, l = 1 \dots L$ и $C_i = c_i^{\min}, c_i^{\min} + \Delta c_i, c_i^{\min} + 2 \Delta c_i, \dots, c_i^{\max}$

$$\vec{C}_i^{\ell} = \arg \max_{c_{ij}} \sum_{j=1}^{J_i} \Delta \Pi_{ij}^{\ell} (c_{ij})$$

при условии, что $\sum_{j=1}^{J_i} C_{ij} \leq C_i$,

где C_i – возможное количество средств, выделяемых на управление i -м происшествием;

$\vec{C}_i^{\ell} = [c_{i1}^{\ell}, c_{i2}^{\ell}, \dots, c_{iJ_i}^{\ell}]^T$ – вектор, элементы которого характеризуют оптимальный объем работ по управлению i -м происшествием;

$$C_i^{\min} = \min_j \min_k C_{ijk}, C_i^{\max} = \sum_{j=1}^{J_i} \max_k C_{ijk};$$

Δc_i – точность распределения средств на управление i -м происшествием по причинам его возникновения.

Задача 3.

Она формулируется как одноиндексная задача 2 (только относительно индекса i). Поэтому, для краткости, опустим ее математическое описание.

Алгоритм решения задачи

Алгоритмы решения сформулированных задач основаны на использовании соответствующих им функциональных уравнений Беллмана.

Задача 1.

Для первого шага решения этой задачи уравнение Беллмана имеет вид:

$$\Delta \tilde{\Pi}_{ij}^{\ell}(\xi_{ij}) = \Delta \Pi_{ij}^{\ell}(c_{ij}^{\min}), \forall \xi_{ij} < c_{ij}^{\min}, \Delta \tilde{\Pi}_{ij}^{\ell}(\xi_{ij}) = 0, \quad (4)$$

а для последующих

$$\Delta \tilde{\Pi}_{ijk}^{\ell}(\xi_{ijk}) = \max_{x_{ijk1}^{\ell}, x_{ijk2}^{\ell}, \dots, x_{ijkv_{jk}}^{\ell} \in X_{ij}^{\ell}} (\Delta \tilde{\Pi}_{ijk}^{\ell}(\sum_{v=1}^{v_{jk}} x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv}) + \Delta \tilde{\Pi}_{i,j,(k-1)}^{\ell}(\xi_{ijk} - \sum_{v=1}^{v_{jk}} x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv})), \quad (5)$$

$$\sum_{\rho=1}^k \sum_{v=1}^{v_{jk}} x_{ij\rho v}^{\ell} c_{ij\rho v} \leq \xi_{ijk}, \xi_{ijk} = 0, c_{ij}^{\min}, c_{ij}^{\min} + \Delta c_{ij}, c_{ij}^{\min} + 2 \Delta c_i, \dots, \sum_{\rho=1}^k \max_v C_{ij\rho v}, k = \overline{2, K_{ij}}, \quad (6)$$

где $\Delta \tilde{\Pi}_{ijk}^{\ell}(\xi_{ijk})$ – максимальное значение показателя безопасности при выполнении k работ по управлению j -й причиной i -го происшествия;

X_{ij}^{ℓ} – множество $(v_{ijk} + 1)$ кортежей из v_{ijk} элементов, которые имеют следующую структуру: все элементы первого кортежа равны 0, у второго кортежа первый элемент равен 1, а остальные 0, у третьего – второй элемент равен 1, а остальные 0, у $(v_{ijk} + 1)$ – v_{ijk} -й элемент равен 1, а остальные 0. Например, если $v_{ijk} = 3$, то $X_{ij}^{\ell} = \{<0,0,0>, <1,0,0>, <0,1,0>, <0,0,1>\}$. Результаты вычислений по формулам (4)-(6) и соответствующие им условно оптимальные кортежи для каждой причины происшествия целесообразно представить в виде табл. 2.

Таблица 2

ξ_{ij}	$\Delta\tilde{\Pi}_{ij1}^l(\xi_{ij})$	$\langle \hat{x}'_{ij11}, \hat{x}'_{ij12}, \dots, \hat{x}'_{ij1v_{j1}} \rangle$	$\Delta\tilde{\Pi}_{ij2}^l(\xi_{ij})$	$\langle \hat{x}'_{ij21}, \hat{x}'_{ij22}, \dots, \hat{x}'_{ij2v_{j2}} \rangle$	...	$\Delta\tilde{\Pi}_{ijK_{ij}}^l(\xi_{ij})$	$\langle \hat{x}'_{ijK_{ij}1}, \hat{x}'_{ijK_{ij}2}, \dots, \hat{x}'_{ijK_{ij}v_{jK_{ij}}} \rangle$
1	2	3	4	5		$2K_{ij}$	$2K_{ij} + 1$
0							
c_{ij}^{\min}							
$c_{ij}^{\min} + \Delta c_{ij}$							
$c_{ij}^{\min} + 2\Delta c_{ij}$							
...							
$\sum_{\rho=1}^k \max C_{ij\rho v}$							

Задача 2.

Функциональные уравнения Беллмана, необходимые для построения функции отклика для происшествия:

$$\Delta\tilde{\Pi}_{i1}^l(\xi_{i1}) = \Delta\Pi_{i1}^l(\xi_{i1}), \tag{7}$$

$$\xi_{i1} = 0, c_{i11}, c_{i11} + \Delta c_i, c_{i11} + 2\Delta c_i, \dots, \sum_{j=1}^{J_i} c_{ijk_{ij}}$$

$$\Delta\tilde{\Pi}_{ij}^l(\xi_{ij}) = \max_{\check{c}_{ij} \in \check{C}_{ij}} (\Delta\tilde{\Pi}_{ij}^l(\check{c}_{ij}) + \Delta\tilde{\Pi}_{i,j-1}^l(\xi_{ij} - \check{c}_{ij})) \tag{8}$$

$$\xi_{ij} = 0, c_{ij1}, c_{ij1} + \Delta c_i, c_{ij1} + 2\Delta c_i, \dots, \sum_{v=1}^j \sum_{k=1}^{K_{ij}} c_{ivk}, j = \overline{2, J_i} \tag{9}$$

где $\check{C}_{ij} = \{0, \check{c}_{i1}, \check{c}_{i2}, \dots, \check{c}_{ir}, \dots, \check{c}_{R_{ij}}\}$ – подмножество элементов множества ξ_{ij} , которым соответствуют неповторяющиеся элементы множества $\Delta\tilde{\Pi}_{ij}^l(\xi_{ij})$;

R_{ij} – количество неповторяющихся элементов множества ξ_{ij} .

При этом, если $\xi_{ij} \leq \check{c}_{R_{ij}}$, то $(\xi_{ij} - \sum_{v=1}^{j-1} \check{c}_{R_{iv}}) \leq \check{c}_{ij} \leq \xi_{ij}$, иначе $(\xi_{ij} - \sum_{v=1}^{j-1} \check{c}_{R_{iv}}) \leq \check{c}_{ij} \leq \check{c}_{R_{ij}}$.

Результаты вычислений сводятся в табл. 3, в которой $\hat{c}_{ij} = \operatorname{argmax}_{\check{c}_{ij} \in \check{C}_{ij}} (\Delta\tilde{\Pi}_{ij}^l(\check{c}_{ij}) + \Delta\tilde{\Pi}_{i,j-1}^l(\xi_{ij} - \check{c}_{ij}))$.

Задача 3.

Функциональные уравнения Беллмана для этой задачи аналогичны с точностью до индексации уравнениям (7)-(9).

На основе знания функций отклика можно решать не только задачи оптимального распределения единовременно выделяемых средств, но и задачи распределения средств по годам таким образом, чтобы суммарный эффект за N лет был бы максимальным.

Таким образом, изложенная методика позволяет получить богатый материал для обоснования и принятия решения о режиме финансирования тех или иных работ, направленных на достижение приемлемого уровня безопасности функционирования различных технических объектов.

Таблица 3

ξ_{ij}	$\Delta\tilde{\Pi}_{i1}^l(\xi_{ij})$	\hat{c}_{i1}	$\Delta\tilde{\Pi}_{i2}^l(\xi_{ij})$	\hat{c}_{i2}	...	$\Delta\tilde{\Pi}_{iJ_i}^l(\xi_{ij})$	\hat{c}_{iJ_i}
1	2	3	4	5		$2J_j$	$2J_i + 1$
0							
c_{i11}							
$(c_{i11} + 1)c_i$							
$(c_{i11} + 2)c_i$							
$\sum_{v=1}^j \sum_{k=1}^{K_{ij}} C_{ivk}$							

Библиографический список

1. Лисанов М.В. О техническом регулировании и критериях приемлемого риска // Безопасность труда в промышленности, 2004. №5
2. Зайцев В.С. Системный анализ операторской деятельности. – М.: Радио и связь, 1990. – 120 с.
3. Зайцев А.В., Юнацкевич Р.И. Планирование процедур контроля функционального состояния операторов человеко-машинных систем // Известия вузов. Приборостроение, 2000. Т.43, №8. С.97-101.
4. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
5. Белов П.Г., Гражданкин А.И., Федоров А.А. Экспертная система оценки риска промышленных аварий и оптимизация мер безопасности на ОПО tHAZARD, 2003.
6. Краснов О.В. Безопасность эксплуатации сложных технических систем. – СПб.: ВИКУ, 2001. – 243 с.: ил.
7. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.: ил.



РАССМОТРЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

УДК 626.843

Нахтигаль
Евгений

Член-корреспондент ВАНКБ,
Университет г.Вупперталь, Германия

АННОТАЦИЯ

В статье пожарная безопасность рассмотрена с точки зрения системного анализа. Приведены и рассмотрены ее важные системные свойства. Представлены преимущества предлагаемого подхода для понимания пожарной безопасности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Пожарная безопасность,
Комплексная безопасность,
Система пожарной
безопасности,
Пожар*

Экономическое значение пожаров

Несмотря на достижения в области противопожарной защиты, сказывающейся в положительном снижении числа жертв при пожарах, в большинстве стран Европы и России финансовые затраты и другие ресурсы для достижения желаемого уровня пожарной безопасности по-прежнему ежегодно повышаются [1]. Так, например, в России согласно статистике МЧС за 2011 год только прямой материальный ущерб от пожаров составил больше 18 миллиардов рублей. При этом прямой материальный годовой ущерб от пожаров больше чем удвоился с 2007 года [2].

Системный подход к пожарной безопасности

Для решения сложных таких задач, как пожарная безопасность, имеется универсальная методика на основе системного подхода и системного анализа [3-5]. Универсальность данного системного подхода разрешает рассматривать пожарную безопасность как систему и принимать на основе этого понимания улучшающие действия.

Безусловно, процесс достижения желаемого уровня пожарной безопасности является сложной задачей на будущее, которая в данный момент не решена удовлетворительно. Это показывают многочисленные трагедии при пожарах недавнего времени. Именно поэтому сегодня как никогда следует обратить-

ся к универсальному системному и комплексному подходу для разрешения ряда задач, связанных с пожарной безопасностью [7].

Для рассмотрения пожарной безопасности с позиций системного подхода применим методологию прикладного системного анализа, описанного Ф.П. Тарасенко в работе «Прикладной системный анализ» [5].

Системный анализ пожарной безопасности

Согласно системному подходу следует сначала понять, почему пожарную безопасность можно рассматривать как систему. Для этого рассмотрим категории свойств этой системы, которые можно разделить на статические, динамические и синтетические (рис. 1).



Рис. 1. Категории свойств системы пожарной безопасности



Статические свойства пожарной безопасности

Среди статических свойств этой системы можно выделить:

- целостность;
- открытость;
- внутреннюю неоднородность системы;
- структурированность.

Под статическими свойствами систем понимают конкретные состояния системы в любой, но фиксированный момент времени.

Целостность системы пожарной безопасности, как одно из статических свойств, означает, что пожарную безопасность нужно понимать как единое и целое, отличающуюся от других систем, в том числе и систем безопасности.

Под открытостью системы понимают ее взаимодействие с другими системами или окружающей средой посредством входов и выходов. В случае системы пожарной безопасности это, например, многообразные входы со стороны использования данного объекта или правовые акты, влияющие на ее состояние, или выходы в виде влияния на экологию или финансовый успех одной взятой организации или всей экономики.

Система пожарной безопасности неоднородна, то есть она имеет элементы самого различного характера как, например, технические системы пожарной защиты, люди и организации, задействованные до и во время пожара, систему нормативных и правовых предписаний и т.д.

Также система пожарной безопасности имеет свою структурированность, которая выражается в различных взаимосвязях между элементами системы. Эта структурированность и создает целостность всей системы пожарной безопасности.

Динамические свойства пожарной безопасности

Помимо статических свойств систем, система пожарной безопасности имеет и динамические свойства, т.е. такие свойства, которые меняются во времени и в связи с другими меняющимися обстоятельствами. К динамическим свойствам относят:

- функциональность;
- стимулируемость;

- изменчивость системы во времени;
- существование в изменяющейся среде.

Система пожарной безопасности направлена на выполнение множества таких функций как, например, обеспечение безопасности людей, покидающих здание во время пожара, или уменьшение вреда от пожара, причиненного соседним зданиям и экологии. Функциональность системы пожарной безопасности направлена на выходы системы как функция времени.

Стимулируемость рассматриваемой системы определяет воздействия на систему со стороны входов извне так же, как функцию времени. Конкретно это, например, изменение поведения людей при пожарах в зависимости от состояния их здоровья и противопожарной подготовленности, на которое влияют другие многочисленные системы.

Изменчивость системы во времени и скорость изменения, ее динамику легко показать на примере статистики пожаров [1, 2]. Причем можно и нужно рассматривать при этом не только количественные изменения, но и их качественные показатели. Время играет большую роль не только в историческом анализе пожаров, но и, конечно, в отдельно взятых пожарах. Динамика изменений во время пожаров поражает зачастую даже профессионалов и ставит перед ними многочисленные и высокосложные задачи.

Не только система пожарной безопасности изменяется во времени. Одновременно и окружающая среда этой системы, как и взаимосвязанные системы, изменяется, влияя в свою очередь на систему пожарной безопасности. Так, например, политические, экономические и другие изменения в России в девяностые годы прошлого столетия резко негативно сказались на пожарную безопасность, что можно показать на статистике пожаров этого периода.

Синтетические свойства пожарной безопасности

Особенности свойств системы пожарной безопасности, как и других систем, не ограничиваются статическими и динамическими свойствами. Так же существуют и синтетические свойства, к которым относят:

- эмерджентность;
- неразделимость на части;

- ингерентность;
- целесообразность.

Эмерджентность означает, что свойства системы не могут быть объяснены через отдельно взятые элементы с их свойствами. Свойство эмерджентности как ничто другое проявляется в системе пожарной безопасности. Например, отдельно взятую автоматическую систему пожаротушения с ее свойствами нецелесообразно рассматривать отдельно от других технических и человеко-машинных систем для обеспечения комплексной безопасности здания. Это можно и необходимо осуществлять с помощью комплексного подхода, применяя серию стандартов ГОСТ Р 53195 «Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем» [6].

Неразделимость на части для системы пожарной безопасности конкретно означает, что при реализации только отдельных частей (элементов) системы как таковой не будет, она может оказаться другой или будет выполнять цели пожарной безопасности в недостаточной мере. Примером тому является халатное отношение к пожарной безопасности ответственных лиц на отдельно взятом объекте. Даже при полной реализации других мер в общей системе пожарной безопасности сильное ослабление одного элемента, а именно халатное отношение ответственных лиц и, как следствие, их неправильные действия в общем случае приводят к недопустимым недостаткам всей системы.

Библиографический список

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Человечество и пожары. М.: ООО «ИПЦ Маска», 2007. с.142..
2. МЧС России, Пожары и пожарная безопасность в 2011 г.: Статистический сборник. «Статистика пожаров и их последствий». – М.: ВНИИПО, 2012.
3. Артюхов В.В. Общая теория систем: Самоорганизация, устойчивость, разнообразие, кризисы. – М.: URSS, 2009.
4. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: Состояние, приложения и перспективы развития, Электронный ресурс: <http://www.sci.aha.ru>, 1988.
5. Гарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. Наука и искусство решения проблем. – Томск: Изд-во Томского университета, 2004.
6. ГОСТ Р 53195. Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем. Ч. 1-5. – М.: Стандартинформ, 2008-2010.
7. Овчинников Ю.Г. Комплексная безопасность // Глобальная Безопасность. – М., 2012.
8. Волков А.А. Гомеостат зданий и сооружений, CBG. Электронный ресурс: <http://www.cbgnnews.ru/ekspluataczija/stati/gomeostat-zdaniy-i-sooruzhenij.html>.

Неразделимость системы связана и с ее другим свойством, называемым ингерентностью. Ингерентность обозначает приспособленность системы к окружающей среде. Так система пожарной безопасности отдельно взятого здания может и должна быть создана так, чтобы быть достаточно неуязвимой и при других форс-мажорных обстоятельствах как, например, продолжительное отсутствие электроснабжения или землетрясение. Это важное свойство связано с так называемым гомеостатом систем. Под этим понимается способность системы сохранять постоянство своего состояния при помощи скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия [8].

Целесообразность системы пожарной безопасности, как это свойство и в других системах, создаваемых человеком, очевидна. Данное свойство присуще всем искусственным системам. Оно в основном и определяет выбор элементов и структуру системы в целом.

Выводы

Подводя итоги применения методологии системного анализа для рассмотрения пожарной безопасности можно с уверенностью сказать, что пожарную безопасность следует рассматривать именно как систему методами, подходящими для этого. Только понимание пожарной безопасности как системы со статическими, динамическими и синтетическими свойствами позволит понимать эту систему и учитывать её в общей системе комплексной безопасности.

НАУКА И БЕЗОПАСНОСТЬ
www.pamag.ru

- Краткий обзор учебно-методической литературы направленной тематики.
- Информация о прошедших и готовящихся выставках, конференциях, семинарах и других событиях, поднимающих вопросы проектирования, строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации строительных объектов
- Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений»:
 - Научные статьи специалистов ведущих вузов Российской Федерации и ближнего зарубежья
 - Более тысячи кратких обзоров аварий и обрушений зданий, сооружений и грузоподъемных механизмов
- Влиятельные партнеры
- Приглашения к публикации

www.pamag.ru

Читайте подробнее о нас | www.pamag.ru

shishkina@weld.su | Напишите нам письмо

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 622.692

Котляревский
Владимир Абрамович

Главный научный сотрудник Научно-образовательного центра исследования экстремальных ситуаций ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана», г. Москва, профессор, доктор технических наук

АННОТАЦИЯ

Приведены данные по определению изгибной жесткости железобетонных конструкций для использования в прочностных расчетах на динамические воздействия. Информация получена как для составных сечений балок с однослойным и двухслойным армированием без предположений о распределении напряжений в сжатом бетоне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Железобетон,
Двухслойное армирование,
Приведенные параметры
составного сечения,
Изгибная жесткость

Для изгибаемых балок из железобетона расчетная жесткость сечений B представляет приведенную изгибную жесткость составного сечения – с учетом характеристик бетона и арматуры, схемы и коэффициента (процента) армирования. Известный подход к определению жесткости балок из железобетона по расчетным значениям сопротивления арматуры растяжению и бетона сжатию в прочностных расчетах применять не следует. Прочностные характеристики любой упругой конструкции никакого отношения к положению нейтральной плоскости при изгибе и свойствам жесткости не имеют, поскольку расчетные и нормативные значения материалов в опасных фибрах сечений практически не достигнуты одновременно как в статически, так и в динамически нагруженных конструкциях.

В динамике при достаточно высоких скоростях деформирования, скоротечности процессов и слабом влиянии релаксационных процессов материалы – арматура и бетон в пределах упругой работы практически ведут себя как физически линейные материалы, подчиняющиеся закону Гука. Жесткость составного сечения (приведенную к одному из материалов) нужно определять по условию равновесия усилий в сечении в предположе-

нии о линейном распределении напряжений с учетом соответствующих значений модуля упругости материалов. В конструкциях под нагрузкой в связи с низким сопротивлением растягивающим напряжениям в растянутых зонах бетона возможно возникновение трещин, что приводит к снижению жесткости сечений.

Конструкции с однослойным армированием

С учетом указанных предположений, для прямоугольного поперечного сечения железобетонной балки с однослойным армированием в растянутой зоне приведенная к бетону изгибная жесткость $B_{пр}$ составного сечения с трещиной (рис. 1), где на растяжение работает только арматура, даются формулами:

$$B_{пр} = E_0 J_0 + E_1 J_1 = E_0 J_{пр};$$

$$J_{пр} = J_0 + n J_1;$$

$$n = E_1 / E_0.$$

где $J_{пр}$ – приведенный момент инерции сечения;

J_0 и J_1 – моменты инерции площадей сжатого бетона с модулем упругости $E_0 = E_b$ и растянутой арматуры с модулем упру-

гости $E_1 = E_a$ относительно нейтральной плоскости сечения.

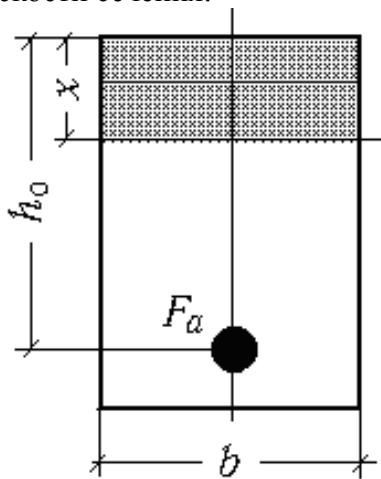


Рис. 1. Нормальное сечение изгибаемой железобетонной балки с трещиной при однослойном армировании

Положение нейтральной плоскости из условия равенства нулю статического момента приведенной площади сечения $\sum_i y(nF)_i = \frac{1}{2}bx^2 - nF_a(h_0 - x) = 0$ определяется уравнением

$$bx^2 + 2nF_a x - 2nF_a h_0 = 0,$$

где b – ширина;

h_0 – рабочая высота сечения;

x – высота сжатой зоны бетона;

F_a – площадь сечения арматуры.

Введя относительную высоту сжатой зоны бетона $\xi = x/h_0$ и коэффициент армирования $\mu = F_a / (bh_0)$, запишем уравнение, в котором $\alpha = n\mu$, $\xi^2 + 2\alpha\xi - 2\alpha = 0$ и его решение

$$\xi = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 2\alpha}.$$

Формулы для приведенного момента инерции сечения, напряжений в крайней фибре бетона σ_ϕ и в арматуре σ_a преобразуем к виду:

$$J_{np} = \frac{1}{2}bh_0^3 \xi^2 (1 - \frac{1}{3}\xi);$$

$$\sigma_\phi = M / [\frac{1}{2}bh_0^2 \xi (1 - \frac{1}{3}\xi)];$$

$$\sigma_a = M / [F_a h_0 (1 - \frac{1}{3}\xi)].$$

В расчетах часто используют формулы для напряжений:

$$\sigma_\phi = M / W_b; \quad \sigma_a = M / W_a$$

с моментами сопротивления по бетону W_b и по арматуре W_a :

$$W_b = \frac{1}{2}bh_0^2 \xi (1 - \frac{1}{3}\xi);$$

$$W_a = F_a h_0 (1 - \frac{1}{3}\xi).$$

Приведенные выше формулы, соответствующие классической теории железобетона, получены без предположения о форме эпюры сжимающих напряжений, но они согласуются с распределением напряжений по треугольнику.

Значения ξ в табл. 1 даны для балок, армированных сталью с модулем упругости $E_a = 2 \cdot 10^5$ МПа, из бетонов с модулями упругости: для бетона класса В30 $E_b = 3,25 \cdot 10^4$ МПа ($n = E_a/E_b = 6,15$), В40 $E_b = 3,6 \cdot 10^4$ МПа ($n = 5,56$) и В50 $E_b = 3,9 \cdot 10^4$ МПа ($n = 5,13$).

Таблица 1

Значения ξ для изгибаемых железобетонных элементов из бетонов классов В30, В40 и В50 с однослойным армированием сталью классов А-I, А-II и А-III в зависимости от процента армирования μ

$\mu, \%$	В30	В40	В50	$\mu, \%$	В30	В40	В50
0,2	0,145	0,138	0,133	1,6	0,356	0,342	0,331
0,4	0,199	0,190	0,183	1,8	0,373	0,358	0,347
0,6	0,237	0,227	0,219	2,0	0,388	0,373	0,362
0,8	0,268	0,257	0,248	2,2	0,402	0,387	0,375
1,0	0,295	0,282	0,273	2,4	0,416	0,400	0,388
1,2	0,317	0,305	0,295	2,6	0,428	0,412	0,400
1,4	0,338	0,324	0,314	2,8	0,424	0,424	0,411

Конструкции с двухслойным армированием

Для железобетонных балок с прямоугольным сечением и *двухслойным армированием* (рис. 2), аналогично случаю однослойного армирования, приведенная к бетону изгибная жесткость B_{np} с приведенным моментом инерции J_{np} составного сечения с трещиной, где на растяжение работает только арматура, равна:

$$B_{np} = E_0 J_0 + E_1 J_1 + E_1 J_2 = E_0 J_{np};$$

$$J_{np} = J_0 + n(J_1 + J_2).$$

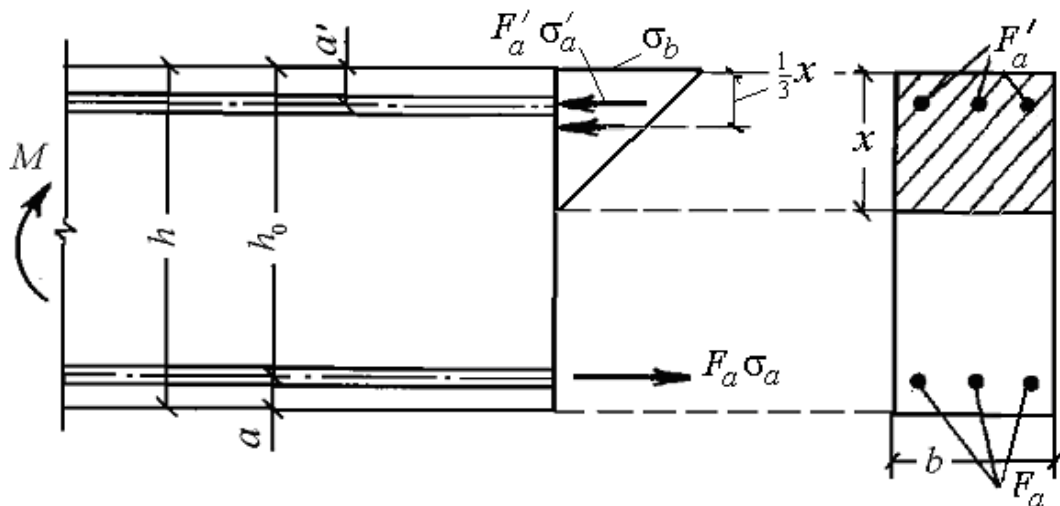


Рис. 2. Нормальное сечение изгибаемой железобетонной балки с трещиной при двухслойном армировании:

a' – расстояние от оси верхней арматуры до верхней границы сечения;
 F_a – площадь сечения нижней арматуры; F'_a – площадь сечения верхней арматуры;
 $n = E_1/E_0$ – отношение модулей упругости стали и бетона, моменты инерции относительно нейтральной плоскости сечения площадей:
 J_0 – сжатого бетона; J_1 – нижней арматуры;
 J_2 – верхней арматуры

Положение нейтральной плоскости из условия равенства нулю статического момента приведенной площади сечения

$$\sum_i y(nF)_i = \frac{1}{2}bx^2 + nF'_a(x - a') - nF_a(h_0 - x) = 0$$

определяется уравнением $\xi^2 + 2\alpha\xi - 2\alpha' = 0$ с решением

$$\xi = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 2\alpha'}$$

Здесь $\alpha = n\mu_\Sigma$, $\alpha' = n\mu'$, $\mu' = \eta F'_a / (bh_0)$,
 $\mu_\Sigma = (F_a + F'_a) / (bh_0)$, $\eta = 1 + \beta\gamma$, $\beta = a' / h_0$,
 $\gamma = F'_a / F_a$.

Подставляя в формулу для $J_{пр}$ выражения для моментов инерции составляющих $J_0 = \frac{1}{3}bx^3$, $J_1 = F_a(h_0 - x)^2$ и $J_2 = F'_a(a' - x)^2$, запишем формулы для приведенного момента инерции

$$J_{пр} = \frac{1}{3}b(h_0\xi)^3 + nF_a h_0^2 [(1 - \xi)^2 + \gamma(\beta - \xi)^2].$$

и приведенной жесткости сечения

$$B_{пр} = E_0 J_{пр}.$$

Формулы для напряжений

$$\begin{aligned} \sigma_\Phi &= M / W_b, \\ \sigma_a &= M / W_a, \\ \sigma'_a &= M / W'_a \end{aligned}$$

с моментами сопротивления по сжатой фибре бетона W_b , по нижней (растянутой) арматуре W_a и по верхней (сжатой) арматуре W'_a :

$$W_b = J_{пр} / (-h_0\xi),$$

$$W_a = J_{пр} / [nh_0(1 - \xi)],$$

$$W'_a = J_{пр} / [nh_0(\beta - \xi)].$$

Зависимость $\xi(\alpha, \alpha')$ для нормальных сечений железобетонных балок с двухслойным армированием приведена в табл. 2 и на рис. 3.

Заключение

Приведена информация по приведенным значениям моментов инерции, сопротивления и изгибной жесткости прямоугольных сечений железобетонных балок, рекомендуемая для прочностных расчетов на динамические воздействия.

Таблица 2

Значения коэффициента $\xi(\alpha, \alpha')$ при α' в диапазоне 0,005–0,25

α	0,005	0,010	0,015	0,025	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
0,01	0,090	0,132	0,163	0,214	0,306	0,437	0,538	0,623	0,697
0,04	0,068	0,107	0,38	0,187	0,279	0,409	0,509	0,594	0,688
0,07	0,052	0,088	0,117	0,164	0,254	0,383	0,482	0,566	0,641
0,10	0,041	0,073	0,100	0,145	0,232	0,358	0,457	0,540	0,614
0,13	0,034	0,062	0,087	0,129	0,212	0,336	0,344	0,516	0,589
0,16	0,29	0,054	0,076	0,115	0,194	0,315	0,411	0,492	0,565
0,19	0,025	0,047	0,067	0,103	0,179	0,296	0,390	0,470	0,542
0,22	0,022	0,042	0,060	0,094	0,165	0,278	0,370	0,450	0,521
0,25	0,019	0,037	0,054	0,085	0,153	0,262	0,352	0,430	0,500
0,28	0,017	0,034	0,049	0,078	0,142	0,248	0,435	0,412	0,481
0,31	0,016	0,031	0,045	0,072	0,133	0,234	0,319	0,394	0,462
0,34	0,014	0,028	0,042	0,067	0,124	0,222	0,305	0,378	0,445
0,37	0,013	0,026	0,039	0,062	0,117	0,210	0,391	0,363	0,428
0,40	0,012	0,024	0,036	0,058	0,110	0,200	0,278	0,348	0,412

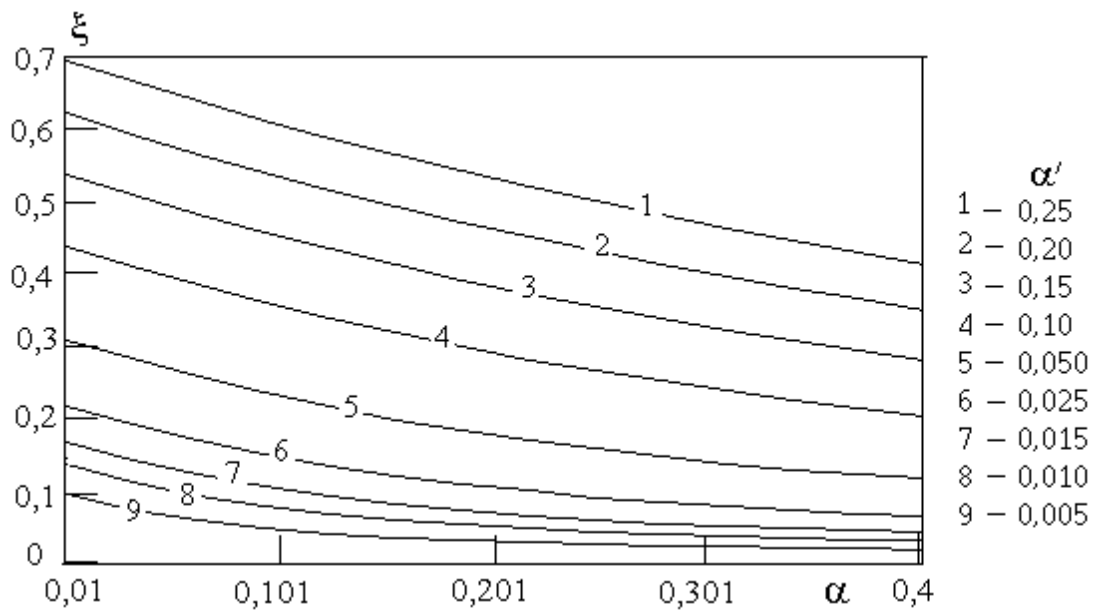


Рис. 3. Зависимость для коэффициента $\xi(\alpha, \alpha')$ железобетонных балок с двухслойным армированием

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСОБО ОПАСНЫХ, ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 699.88; 624

**Акимов Валерий
Александрович**

**Прошляков
Михаил Юрьевич**

Начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» (ФЦ), г.Москва, профессор, доктор технических наук

Генеральный директор ООО НПО «Диагностика и анализ риска», г.Москва

АННОТАЦИЯ

В статье приводится описание программно-технического комплекса мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, отвечающего требованиям, предъявляемым к ПТК СМИС. История его создания. Перспективы развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Мониторинг, Программно-технический комплекс, Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, ГОСТ Р 22.1.12-2005, Студия ДИАР

В августе 2012 года исполнилось десять лет первому в Российской Федерации Федеральному центру науки и высоких технологий. Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (далее ВНИИ ГОЧС), как головная организация указанного Федерального центра, объединил вокруг себя более пятидесяти ведущих организаций, осуществляющих свою деятельность в области гражданской обороны и защиты от ЧС. Были созданы научно-технические секции по различным направлениям деятельности федерального центра, определенные постановлением Правительства РФ от 20.08.2002 №619 «О присвоении Всероссийскому научно-исследовательскому институту по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций статуса федерального центра науки и высоких технологий».

В качестве федерального центра науки и высоких технологий ВНИИ ГОЧС осуществляет обеспечение производства наукоемкой продукции и технологий, связанных с реше-

нием задач гражданской обороны, прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе, таких как:

- комплексы программно-технических средств для мониторинга (в том числе космического), прогнозирования и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- комплексы программно-технических средств для информационной поддержки принятия решений в случае аварий, катастроф и стихийных бедствий на потенциально опасных объектах с использованием современных географических информационных систем;
- технологии управления территориальными, городскими и муниципальными комплексами при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- технологии обеспечения промышленной безопасности производственных объектов (включая химически-, пожаро- и взрывоопасные объекты, объекты нефтегазового производства и другие);

– технологии информационной поддержки принятия решений в случае аварий, катастроф и стихийных бедствий с использованием современных географических информационных систем для различных уровней управления.

С 2005 года в состав кооперации, наряду с другими компаниями, входит Научно-производственное объединение «Диагностика и анализ риска», обладающая высококвалифицированным персоналом – экспертами в области защиты населения и территорий от ЧС.

ВНИИ ГОЧС совместно с НПО «ДИАР» проводит большое число научных и практических работ, в том числе по обеспечению мониторинга безопасности опасных объектов. Данная разработка является инициативной и выполняется трудовыми коллективами во ВНИИ ГОЧС – под руководством Посохова Николая Николаевича – заместителя начальника научно-исследовательского центра защитных мероприятий – эксперта в области СМИС, а в НПО «ДИАР» – Бахмата Дмитрия Викторовича – начальника отдела автоматизации производства, имеющего опыт разработки подобных систем с 2004 года.

В 2010 году в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам зарегистрирована «Автоматизированная система мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Студия диагностики и анализа риска. (Студия ДИАР. Мониторинг)». Правообладателями данной системы являются НПО «ДИАР» и

ФГУ (сейчас ФГБУ) ВНИИ ГОЧС (ФЦ), авторы разработки – Бахмат Д.В. и Посохов Н.Н.

На международном конкурсе «Национальная безопасность 2010», проводимом на Салоне «Комплексная безопасность – 2010», разработка получила признание и отмечена золотой медалью в номинации «За инновационные разработки в области обеспечения комплексной безопасности».

Программный комплекс состоит из трех функциональных модулей: центрального основного модуля – «Сервера мониторинга», управляющего всей системой мониторинга; модуля сопряжения со смежными системами – «Клиента мониторинга» и модуля «АРМ мониторинга».

Назначение модуля «Сервер мониторинга» (рис.1) – осуществление информационного обмена между всеми компонентами Системы и органом повседневного управления РСЧС, таким как ЦУКС или ЕДДС (ЕСОДУ г. Москва) и обработка поступающих от «Клиента мониторинга» сообщений установленного формата, их архивирование, документирование и сохранение на жёстком диске (с использованием RAID массива). Модуль поддерживает авторизацию пользователей системы и разграничение прав доступа. При получении сообщения со статусом «Инцидент» Сервер Мониторинга включает настраиваемый таймер сообщения. Если сообщение со статусом «Инцидент» еще активно, то по истечении заданного промежутка времени на базе этого сообщения модуль формирует новое событие со статусом «Авария» и указывает причину.



Рис. 1. Сервер Мониторинга

«Клиент мониторинга» (рис. 2) предназначен для получения от сопрягаемых систем критически важных сообщений и сигналов (о происшествии, аварии, террористических проявлениях, пожаре), обработки полученных данных в соответствии с разработанными алгоритмами, формирования и передачи соответствующих сообщений в «Сервер мониторинга» в том числе в следующих случаях:

- Выход за пределы измерительного диапазона и за пределы предупредительных/аварийных значений контролируемых параметров;
- Обобщенный сигнал «Авария»;
- Обобщенный сигнал «Пожар»;
- Обобщенный сигнал «Антитеррор»;
- Контролируемые параметры вернулись в норму.

«АРМ мониторинга» (рис. 3) – автоматизированное рабочее место Диспетчера СМИС на объекте. Модуль имеет развитый, интуитивно понятный интерфейс, разграниченный доступ (оператор системы и администратор системы) и обладает следующими возможностями:

- Прием и отправка сообщений в «Сервер Мониторинга»;
- Отображение в табличном виде полученных сообщений (показываются только активные события с детализацией, а также все события за настраиваемый период времени);
- Сообщения с разным статусом отображаются разным цветом: со статусом «Инци-

дент» – отображаются на желтом фоне; со статусом «Авария» – на красном фоне; сообщения о снятии с контроля сообщений со статусами «Инцидент» и «Авария» – на зеленом фоне; сообщения, полученные от органа повседневного управления РСЧС, – на синем фоне;

- Модуль обеспечивает подтверждение получения сообщений и отправку сообщений с запросом на подтверждение получения;
- Схематичное представление работоспособности системы в целом;
- Отображения документа с регламентом действий дежурного в формате PDF (BMP, JPEG, GIF) при получении сообщения со статусом «Инцидент» или «Авария»;
- Вывод видеосигнала с места возникновения нештатной ситуации.

Программный комплекс прошел сертификацию в системе добровольной сертификации программного обеспечения, средств измерений и информационно-измерительных систем и аппаратно-программных комплексов, созданной ФГУП «ВНИИ Метрологической Службы», на соответствие требованиям нормативной документации к программным комплексам, а также ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования» и ГОСТ Р 53778-2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

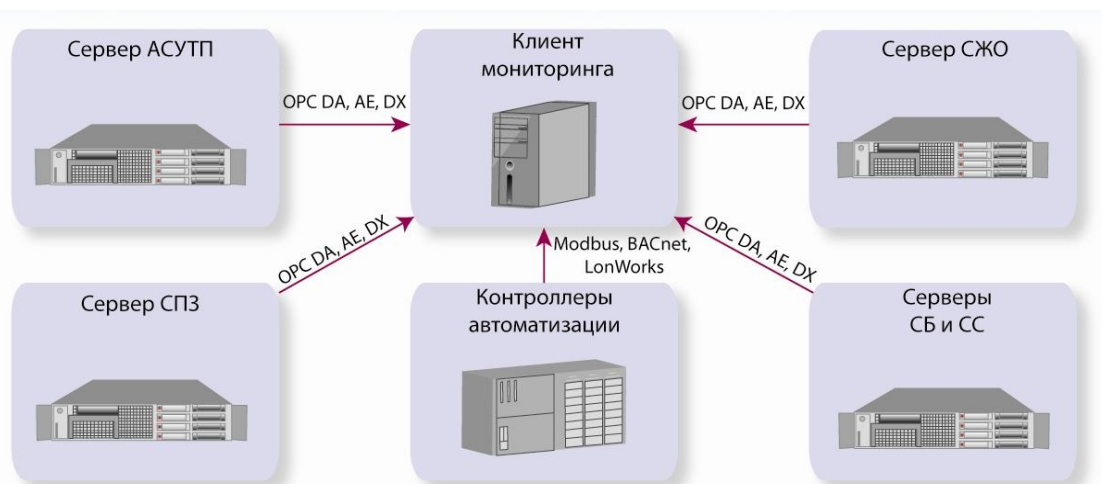


Рис. 2. Клиент мониторинга

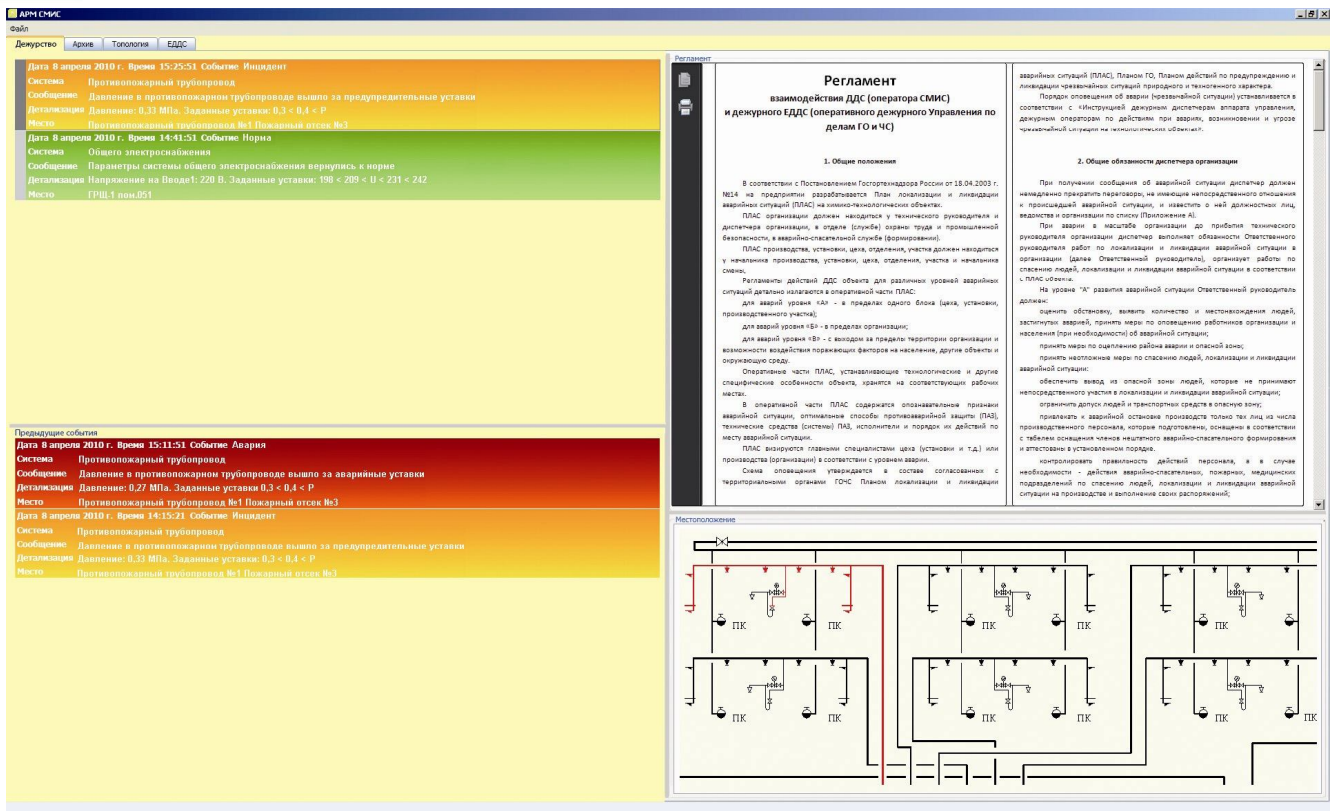


Рис. 3. АРМ Мониторинга

Программный комплекс получил сертификат системы добровольной сертификации аварийно-спасательных средств МЧС России на соответствие требованиям следующих нормативных документов: Техническому заданию №1 от 09.10.2009 г. на проведение ОКР по разработке ПК «Студия ДИАР. Мониторинг» и ГОСТ Р 21.1.12-2005 п. 5.1, п. 5.3 (в части СПО).

В настоящее время программный комплекс доработан и полностью удовлетворяет техническим требованиям к программно-техническим комплексам структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС) объектов, сопрягаемыми с органами повседневного управления РСЧС (муниципального и территориального уровней), утвержденным Заместителем Министра МЧС России П.А. Поповым. В частности, добавлена реализация системы поддержки принятия решений, реализованная в рамках функционального блока на основе инструментальной системы SOFTLOGIC-SCADA/HMI-MES-EAM-HRM TRACE MODE 6, встроенная в многоуровневую иерархическую систему, учитывающую особенности информационных пото-

ков и содержание информации, необходимой для принятия решения на любом уровне РСЧС.

В 2012 году Программно-технический комплекс мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, усовершенствованный и доработанный, отмечен золотой медалью Международного Салона «Комплексная безопасность – 2012» в номинации «За лучшее комплексное решение в области мониторинга техносферы».

Программный комплекс СММК (ПК СММК) состоит из трех составных модулей (рис. 6):

- Сервер Системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (Сервер СММК);
- Локальный сервер Системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (ЛС СММК);
- Автоматизированное рабочее места диспетчера Системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (АРМ СММК).

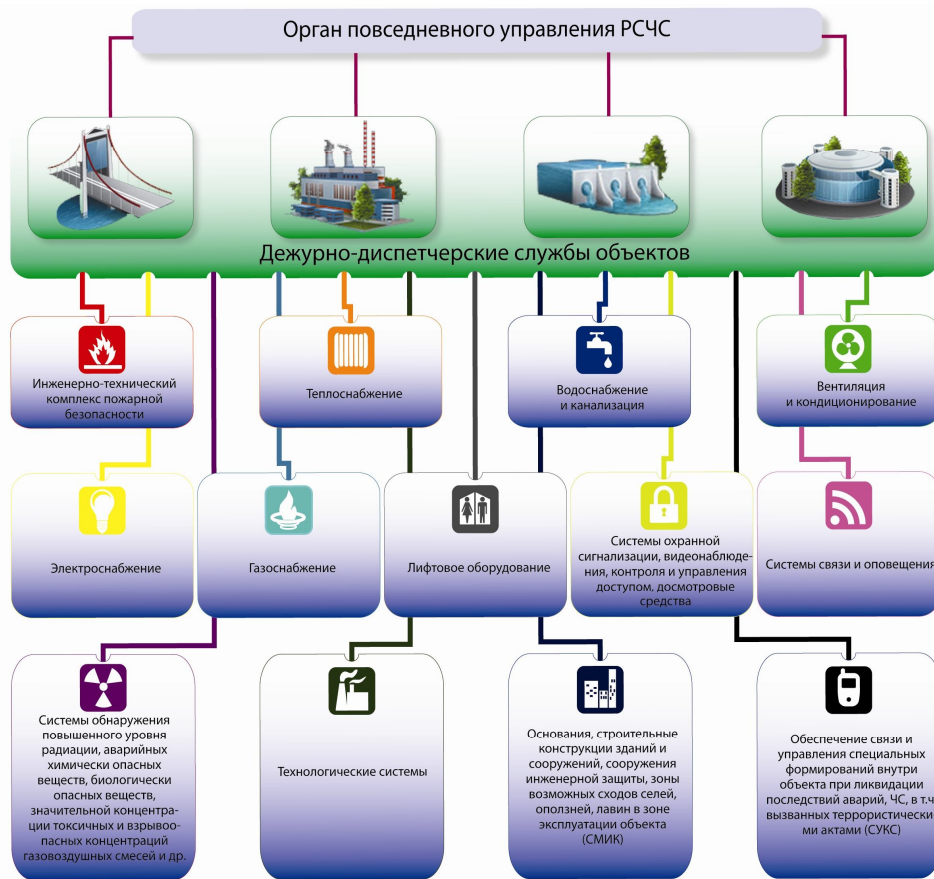


Рис. 4. Автоматизированная система мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов



Рис. 5. Золотая медаль Международного Салона «Комплексная безопасность – 2012»

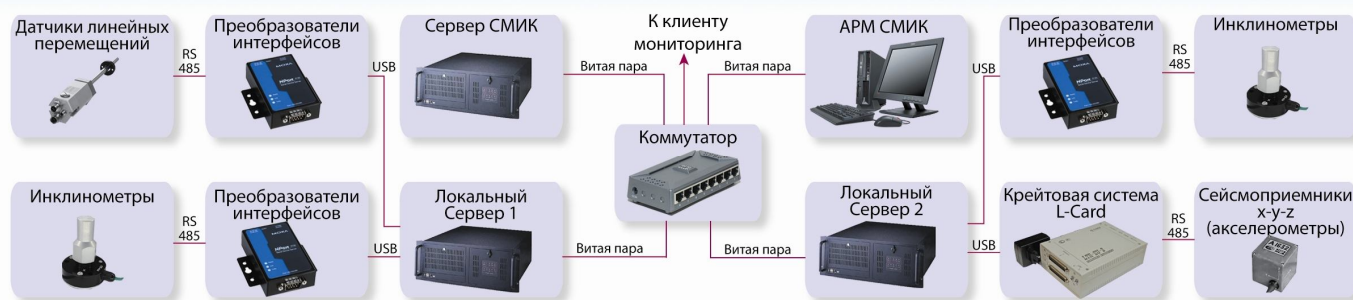


Рис. 6. Программный комплекс СМИК

Сервер СМИК предназначен для информационного сопряжения компонентов системы и хранения базы данных.

В режиме реального времени модуль непрерывно осуществляет прием данных от локальных серверов, расчет по нелинейным алгоритмам параметров изменения состояния инженерных (несущих) конструкций объекта по каждому измерительному пункту (датчику), осуществляет сравнение полученных параметров с граничными значениями, формирует сообщения об инцидентах и авариях и передает их в модуль «Клиента мониторинга».

Данные сохраняются в базе данных MS SQL и резервируются посредством использования RAID массива.

ЛС СМИК осуществляет в автоматическом режиме управление работой контроллеров, прием данных от датчиков и их предварительную обработку, синхронизацию поступающих данных и передачу на Сервер СМИК. На локальном сервере ведется временная база данных для резервирования информации в случае аварии сервера СМИК.

АРМ СМИК имеет интуитивно понятный интерфейс, защиту от несанкционированных действий персонала и журнал событий.

Модуль предназначен для отображения на мониторе АРМ оператора дежурно-диспетчерской службы объекта данных о состоянии несущих конструкций объекта, опасных природных процессов и явлений в зоне строительства и эксплуатации объекта мониторинга, а так же сообщений и звукового оповещения об инциденте или аварии и рекомендаций при их получении.

Модуль позволяет формировать и выдавать отчеты о техническом состоянии несущих конструкций объекта, а в режиме администрирования задавать и корректировать граничные значения, а так же нелинейные алгоритмы расчета значений параметров изменения состояния инженерных (несущих) конструкций объекта по каждому измерительному пункту (датчику).

Блок СУКС (рис. 7) включает в себя подсистемы оперативной радиосвязи городских служб и оперативной чрезвычайной телефонной связи.

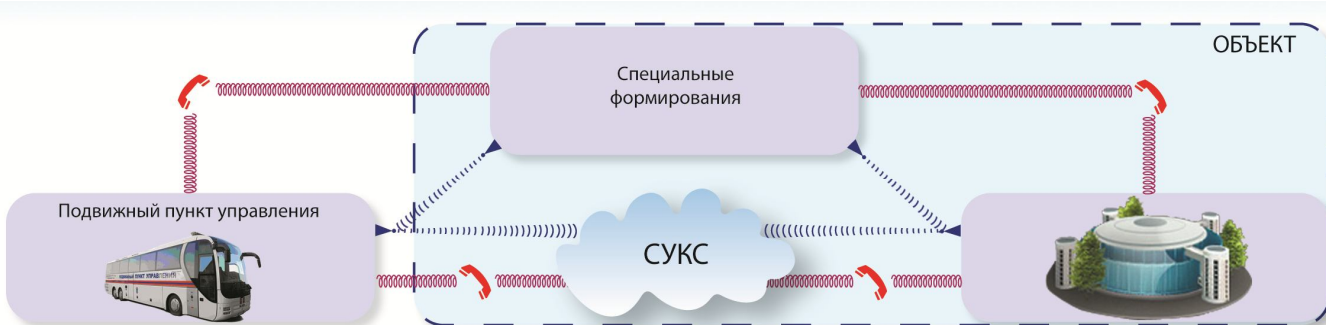


Рис. 7. Блок СУКС

Основная задача *подсистемы оперативной радиосвязи* городских служб безопасности и экстренных служб – обеспечение устойчивых радиопереговоров оперативно-спасательных служб на территории и внутри объекта от носимых, штатных радиостанций личного состава служб и ведомств, распознавания, усиления и трансляции сигналов связи заданным субъектам.

В структуру системы оперативной радиосвязи городских служб безопасности и экстренных служб включены:

- Подсистема программируемых ретрансляторов радиосвязи;
- Подсистема антенно-фидерных устройств (АФУ);
- Источники бесперебойного питания;
- Кабельная сеть электроснабжения;
- Аппаратно-программный комплекс программирования.

В режиме штатной эксплуатации объекта, а также при ЧС, осуществляется постоянный мониторинг состояния подсистемы СУКС и передача информации об инцидентах (предварительных ситуациях) и авариях в подсистеме в СМИС.

Основная задача *подсистемы оперативной чрезвычайной телефонной связи* – обеспечение гарантированной проводной связи между оперативно-спасательными службами и специальными формированиями при невозможности использования на объекте оперативной радиосвязи, а также обеспечение указанных служб гарантированной проводной связью со штабом по ликвидации ЧС.

Система оперативной чрезвычайной телефонной связи состоит из следующих элементов:

- Структурированная кабельная сеть;
- Коммутационное оборудование;
- Оборудование и программное обеспечение АТС.

Система СУКС интегрируется со СМИС следующими способами:

- По протоколам TCP/IP, интерфейс Ethernet;
- С помощью унифицированных аналоговых сигналов (4-20 мА, 0-20 мА, 0-10 В), дискретных сигналов (15-30 В) и сигналов типа "сухой контакт".

Созданный программно-технический комплекс мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, в том числе удовлетворяющий требованиям нормативных документов в области структурированных систем мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, в настоящее время активно внедряется на ряде объектов, как реконструируемых, так и строящихся.

В данный момент времени завершается разработка программно-технического комплекса для органов повседневного управления регионального, территориального (муниципального) уровней РСЧС. Он позволит подключать оснащаемые системами СМИС объекты к ЦУКСам и диспетчерским службам ЕДДС. Дежурный сможет видеть все контролируемые объекты. В случае возникновения инцидента или аварийной ситуации, диспетчер на мониторе поддержки принятия решения увидит прогноз возможного развития ситуации и регламент действий. Прогноз проводится с использованием математического аппарата Студии анализа риска, в котором реализованы модели расчета аварий на химических, взрыво-пожароопасных объектах, а также на гидротехнических сооружениях и др. Для расчета используются методики, утвержденные МЧС России, Ростехнадзора, Минприроды и другими профильными ведомствами.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОННОГО ЯДРА ТРУБОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ

УДК 624

Кришан
 Анатолий Леонидович

Профессор кафедры строительных конструкций
 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
 технический университет им. Г.И. Носова»,
 доктор технических наук

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся формулы для получения зависимостей, определяющих прочность и деформативность бетонного ядра для трубобетонных колонн с круглым или кольцевым поперечным сечением, а также для предварительно обжатого трубобетонного элемента с внутренним кольцевым сердечником.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Трубобетонные колонны,
 Трубобетонный элемент,
 Бетонное ядро, Прочность,
 Нормативное сопротивление

Основными параметрами, определяющими зависимость между напряжениями и деформациями осевого направления в бетонном ядре при действии на трубобетонный элемент центрально приложенной нагрузки, являются координаты вершины ее диаграммы « $\sigma_{bz} - \varepsilon_{bz}$ » (так называемой параметрической точки). Для трубобетонной колонны (ТБК) круглого сечения, в любой точке которой трансверсальные напряжения $\sigma_{br} = \sigma_{bt} = \sigma_{br}^{ext}$, напряжение в вершине диаграммы « $\sigma_{bz} - \varepsilon_{bz}$ » бетонного ядра R_{bn3} (нормативное сопротивление объемно сжатого бетона) можно вычислить по формуле, обычно записываемой в виде

$$R_{bn3} = R_{bn} + k\sigma_{br}^{ext}, \quad (1)$$

где R_{bn} – нормативное сопротивление бетона одноосному сжатию;

k – коэффициент бокового давления, для ТБК определяемый по полученной в [1] формуле

$$k = 7 - 1,2 \frac{R_{sn,p} A_p}{R_{bn} A}, \quad (2)$$

где A и A_p – площади поперечного сечения бетонного ядра и стальной оболочки;

$R_{sn,p}$ – величина нормативного сопротивления стали растяжению.

Наличие предварительного обжатия ТБК учитывают введением в расчет начального бокового давления стальной оболочки на бетонное ядро σ_{br0} и увеличением прочности бетона. Нормативное сопротивление осевому сжатию опрессованного предварительно обжатого бетонного ядра определяется по зависимости (1) с подстановкой вместо R_{bn} прочности бетона R_{bpn} , твердеющего под давлением, вычисляемой по формуле

$$R_{bpn} = R_{bn} + \alpha \sqrt{\Delta f \sigma_{bro}}, \quad (4)$$

где $\alpha \approx 1$ – коэффициент, зависящий от состава бетонной смеси (значение α рекомендуется уточнять по результатам испытаний стандартных образцов исходного и опрессованного бетона с использованием зависимости (4));

Δf – поправочный коэффициент для тяжелых бетонов без пластифицирующих добавок

$$\Delta f = 0,44 / \sqrt{R_{bn}}. \quad (5)$$

В формулах (4) и (5) σ_{br0} и R_{bn} принимаются в МПа. Введением поправки Δf учитывается то обстоятельство, что с увеличением прочности исходного бетона R_{bn} эффект прессования снижается.

При известном коэффициенте k величина бокового давления на бетонное ядро со стороны оболочки в предельном состоянии σ_{br}^{ext} находится по формуле

$$\sigma_{br}^{ext} = \frac{11-k}{k(k-1)} R_{bn}. \quad (3)$$

Для центрально сжатых трубобетонных элементов кольцевого сечения характерно соотношение сжимающих напряжений $\sigma_{br} < \sigma_{b\tau} < R_{bn3}$. Учитывая слабое влияние промежуточного напряжения $\sigma_{b\tau}$ на прочность объемно сжатого бетона [2], эту прочность рекомендуется рассчитывать с использованием осредненного сопротивления сжатию бетонного ядра R_{brm} , определяемого в зависимости от соответствующей величины бокового давления σ_{brm} .

Осредненное по нормальному сечению ТБК боковое давление σ_{brm} можно найти через продольное усилие в бетонном ядре N_b , вычисленное с учетом переменной по сечению элемента величины бокового давления σ_{br} по площади бетонного ядра. При этом коэффициент бокового давления для данной конструкции считаем постоянным. С учетом того, что

$$N_b = \int_{r_0}^{r_b} (R_{bn} + k\sigma_{br}) 2\pi r dr \quad (6)$$

и зависимости (1) получаем следующую формулу

$$\sigma_{brm} = \sigma_{br}^{ext} \frac{1}{1-\beta_0^2} \left(1 + \frac{2\beta_0^2}{1-\beta_0^2} \ln \beta_0 \right), \quad (7)$$

где β_0 – отношение внутреннего радиуса поперечного сечения кольцевого бетонного ядра r_0 к внешнему r_b .

Из формулы (3) определяем соответствующий коэффициент бокового давления

$$k_m = -0,5 \left(\frac{R_{bn}}{\sigma_{brm}} - 1 \right) + \sqrt{0,25 \left(\frac{R_{bn}}{\sigma_{brm}} - 1 \right)^2 + 11 \frac{R_{bn}}{\sigma_{brm}}}. \quad (8)$$

Для ТБК с внутреннем стальным стержнем кольцевого сечения продольное усилие в бе-

тонном ядре N_b выражается следующей зависимостью

$$N_b = \int_{r_p}^{r_b} (R_{bn} + k(m_b - n_b/r^2)) 2\pi r dr. \quad (9)$$

Тогда осредненная величина бокового давления находится по формуле

$$\sigma_{brm} = \sigma_{br}^{ext} K_r, \quad (10)$$

в которой параметр K_r определяется в зависимости от геометрических и деформативных характеристик бетонного ядра и стального стержня

$$K_r = p_0 \left(1 - 2 \ln \frac{r_b}{r_p} \right) + 2 \ln \frac{r_b}{r_p}, \quad (11)$$

где

$$p_0 = (p_5 E_p / E_b + p_2 p_3) / (p_4 E_p / E_b - p_1 p_3), \quad (12)$$

а параметры $p_1 \div p_5$ находятся по формулам:

$$p_1 = (r_p^2 - r_b^2) / (r_p^2 - r_0^2); \quad (13)$$

$$p_2 = r_b^2 / (r_p^2 - r_0^2); \quad (14)$$

$$p_3 = (1 + \mu_p) (1 - 2\mu_p + r_0^2 / r_p^2); \quad (15)$$

$$p_4 = (1 + \mu_b) (1 - 2\mu_b + r_b^2 / r_p^2); \quad (16)$$

$$p_5 = (1 + \mu_b) r_b^2 / r_p^2. \quad (17)$$

В формулах (12)-(17) E_b , μ_b и E_p , μ_p – модули упругости и коэффициенты Пуассона бетонного ядра и внутреннего цилиндрического стержня; r_0 и r_b – радиусы бетонного ядра и отверстия в поперечном сечении ТБК.

Коэффициент бокового давления для этого случая также вычисляется по формуле (8).

Расчетное сопротивление бетона сжатию R_{b3} находится делением соответствующего нормативного значения на коэффициент надежности по бетону при сжатии γ ($\gamma = 1,3$ – для предельных состояний первой группы).

Значения предельных относительных деформаций бетона ε_{bzu} при однозначной равномерной эпюре деформаций принимают равными деформации бетонного ядра в вершине диаграммы « $\sigma_{bz} - \varepsilon_{bz}$ » центрально сжатого трубобетонного элемента ε_{b03} . Величина ε_{b03} определяется напряжениями R_{bn3} и моду-

лем деформации бетона $E'_b = \nu_{b3} E_b$, где ν_{b3} – коэффициент упругости бетона в вершине диаграммы.

Приняв во внимание, что коэффициент упругости одноосно сжатого бетона ν_{bu} в вершине диаграммы « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » примерно равен 0,5 и, учитывая вышесказанное, можно записать:

$$\varepsilon_{b03} = \frac{R_{bn3}}{E'_b} = \frac{R_{bn}}{0,5E_b} + \frac{\Delta R_{bn}}{\nu_{b3}E_b}. \quad (18)$$

Отсюда получаем формулу:

$$\varepsilon_{b03} = \frac{1}{2\nu_{b3}} \left(\varepsilon_{b0} + \frac{2k\sigma_{bru}}{E_b} \right), \quad (19)$$

где ε_{b0} – величина относительной деформации бетона в вершине диаграммы « $\sigma_b - \varepsilon_b$ » при осевом сжатии и однородном напряженном состоянии бетона, принимаемая согласно действующим нормам.

Для ТБК кольцевого сечения в формуле (19) вместо σ_{bru} следует использовать σ_{brm} .

Таким образом, для ТБК с круглым или кольцевым поперечным сечением, а также для предварительно обжатого трубобетонного элемента с внутренним кольцевым сердечником, получены зависимости, определяющие прочность и деформативность бетонного ядра.

Библиографический список

1. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром / Монография. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 372 с.
2. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.



НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН

УДК 624

Кришан
Анатолий Леонидович

Профессор кафедры строительных конструкций
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
доктор технических наук

АННОТАЦИЯ

В предлагаемой методике нелинейного расчета неупругие свойства стали рекомендуется учитывать с помощью одного переменного параметра – коэффициента упругости, по которому определяется значение коэффициента поперечной деформации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Трубобетонная колонна,
Диаграмма,
Стержневая арматура,
Продольная арматура

При расчете по нелинейной деформационной модели для стальной оболочки и продольной арматуры ядра (при ее наличии) рекомендуется принимать криволинейные диаграммы (рис.1) или двухлинейную диаграмму в соответствии указаниями СП 52-102-2003, одинаковые при растяжении и сжатии.

В сжатой зоне трубобетонной колонны (ТБК) стальная оболочка работает в условиях сложного напряженного состояния.

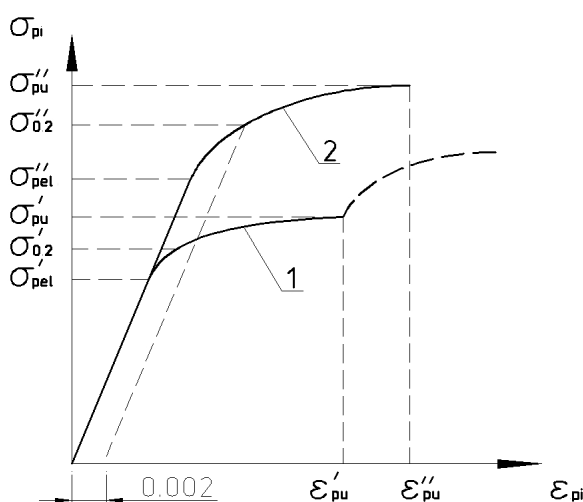


Рис. 1. Диаграммы состояния стальной оболочки и продольной стержневой арматуры:
1 – с физической площадкой текучести;
2 – с условной площадкой текучести
(для продольной стержневой арматуры индекс «ri» меняется на индекс «s»)

Чтобы построить для нее расчетную диаграмму, воспользуемся гипотезой единой кривой А.А. Ильюшина, согласно которой зависимость « $\sigma_p - \varepsilon_p$ », полученная при одноосном растяжении стальной оболочки, считается действительной для всех напряженных состояний при замене текущих напряжений σ_p и деформаций ε_p на интенсивность текущих напряжений σ_{pi} и деформаций ε_{pi} соответственно. При этом принимается $\sigma_{pi} = \sigma_p$, а интенсивность деформаций ε_{pi} связана с деформациями при одноосном растяжении зависимостью

$$\varepsilon_{pi} = \frac{2(1 + \mu_0)}{3} \varepsilon_p, \quad (1)$$

где μ_0 – коэффициент Пуассона стали оболочки.

В нашем случае мы рассматриваем напряжения и деформации по главным площадкам, т.е. касательные напряжения и сдвиговые деформации здесь равны нулю. Тогда выражения для интенсивности напряжений и деформаций имеют вид:

$$\sigma_{pi} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \sqrt{(\sigma_{pz} - \sigma_{p\tau})^2 + (\sigma_{p\tau} - \sigma_{pr})^2 + (\sigma_{pr} - \sigma_{pz})^2}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{pi} = \frac{\sqrt{2}}{3} \times \quad (3)$$

$$\times \sqrt{(\varepsilon_{pz} - \varepsilon_{p\tau})^2 + (\varepsilon_{p\tau} - \varepsilon_{pr})^2 + (\varepsilon_{pr} - \varepsilon_{pz})^2}.$$

Связь между деформациями и напряжениями для любой точки внешней стальной оболочки в упругой и упруго-пластической стадиях записывается в следующем виде

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{pz} \\ \varepsilon_{p\tau} \\ \varepsilon_{pr} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\nu_p E_{s,p}} \times \quad (4)$$

$$\times \begin{bmatrix} 1 & -\mu_p & -\mu_p \\ -\mu_p & 1 & -\mu_p \\ -\mu_p & -\mu_p & 1 \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} \sigma_{pz} \\ \sigma_{p\tau} \\ \sigma_{pr} \end{Bmatrix},$$

где σ_{pz} , $\sigma_{p\tau}$, σ_{pr} – нормальные (главные) напряжения в трубе в продольном, тангенциальном и радиальном направлениях;

ε_{pz} , $\varepsilon_{p\tau}$, ε_{pr} – относительные деформации стальной оболочки по соответствующим направлениям;

$E_{s,p}$ – начальный модуль упругости стали;

ν_p – коэффициент упругости стали;

μ_p – коэффициент поперечной деформации стали трубы.

При криволинейной диаграмме (см. рис. 1) для вычисления коэффициентов упругости стальной оболочки ν_p и арматуры бетонного ядра ν_s (при ее наличии) можно принимать любые известные зависимости, обеспечивающие достаточную точность оценки напряженно-деформированного состояния конструкции. Допускается определять их с использованием известных зависимостей [1] для одноосного напряженного состояния:

$$\nu_p = \nu_{pu} + (\nu_{p0} - \nu_{pu}) \sqrt{1 - \omega_{1p} \eta_p - \omega_{2p} \eta_p^2}, \quad (5)$$

$$0 \leq \eta_p = \frac{\sigma_{pi} - \sigma_{p,el}}{R_{pu} - \sigma_{p,el}}; \quad (6)$$

$$\nu_{pu} = \frac{R_{pu}}{E_{s,p} \varepsilon_{pu}}; \quad (7)$$

$$\nu_{p0} = \frac{3}{2(1 + \mu_p)}; \quad (8)$$

$$\omega_{2p} = 1 - \omega_{1p}; \quad (9)$$

$$\omega_{1p} = \frac{(1 - \nu_{pu})^2 (\eta_{p,0.2}^2 - 1) + (\nu_{0.2} - \nu_{pu})^2}{(\eta_{p,0.2}^2 - \eta_{p,0.2})(1 - \nu_{pu})}, \quad (10)$$

где η_p – уровень интенсивности напряжений в стальной оболочке или напряжения в арматуре;

ν_{pu} – значение коэффициента упругости, соответствующее напряжению R_{pu} ;

ν_{p0} – значение коэффициента упругости в начале диаграммы « $\sigma_{pi} - \varepsilon_{pi}$ »;

ω_{1s} , ω_{2s} – коэффициенты, характеризующие кривизну диаграмм.

В формулах (6)-(10):

$$\nu_{0.2} = \frac{\sigma_{02}}{\sigma_{02} + 0,002 E_{s,p}}; \quad (11)$$

$$\eta_{p,0.2} = \frac{\sigma_{02} - \sigma_{p,el}}{R_{pu} - \sigma_{p,el}}, \quad (12)$$

где $\sigma_{p,el}$ – предел упругого деформирования стали;

σ_{02} – условный предел текучести стали, принимаемый равным: для стали с условной площадкой текучести $\sigma_{02} = R_{s,p}$; для стали с физической площадкой текучести $\sigma_{02} = 0,98 R_{s,p}$;

R_{pu} – временное сопротивление стали разрыву (для стали с площадкой текучести $R_{pu} = R_{s,u}$);

ε_{pu} – интенсивность относительных деформаций стали при напряжении R_{pu} .

При описании диаграммы состояния стержневой продольной арматуры (когда она присутствует в бетонном ядре) в зависимостях (5)-(10) вместо характеристик стальной оболочки (с индексом « p ») следует использовать характеристики продольной арматуры при одноосном напряженном состоянии (с индексом « s ») и принимать $\nu_{s0} = 1$.

Допускается в расчетах принимать:

- для сталей с условным или физическим пределом текучести

$$\sigma_{p,el} = 0,5 R_{s,p}; \quad \varepsilon_{pu} = 0,025; \quad (13)$$

$$\nu_{0.2} = \frac{0,98 R_{s,p}}{0,98 R_{s,p} + 0,002 E_{s,p}};$$

$$\sigma_{p,el} = 0,96 R_{s,p};$$

$$\varepsilon_{pu} = \frac{R_{s,p}}{E_{s,p}} + 0,015; \quad \eta_{p,0.2} = 0,5. \quad (14)$$

Напряженно-деформированное состояние стальной оболочки, в силу специфики ее работы, во многом определяется соотношением коэффициентов поперечной деформации бетона и стали, поэтому принципиально важным для расчета прочности нормальных сечений является правильный учет их изменений по мере роста нагрузки.

Исследования показывают, что в упруго-пластической и пластической стадиях работы значение коэффициента поперечной деформации стали с ростом уровня деформаций возрастает от начальной величины $\mu_0 \approx 0,3$ (коэффициента Пуассона) до 0,5 в вершине диаграммы « σ_{pi} – ε_{pi} ».

Имеются единичные предложения [2, 3] по определению коэффициента μ_p , связывающие его с величинами напряжений σ_{pi} и (или) деформаций ε_{pi} . В предлагаемой методике нелинейного расчета, с целью исключения одновременного применения двух итераций, неупругие свойства стали рекомендуется учитывать с помощью одного переменного параметра – коэффициента упругости ν_p , по которому определяется значение μ_p .

Примем, что значение коэффициента поперечной деформации μ_p изменяется пропор-

ционально коэффициенту упругости – от начального μ_0 при $\nu_p = \nu_{p0}$ (в упругой стадии) до предельного μ_{pi} при $\nu_p = \nu_{pi}$. Выполненные по [3] предварительные вычисления показали, что значение μ_{pi} может быть принято, с достаточной для практических расчетов точностью, равным 0,48. Тогда формула для определения μ_p может быть записана в виде:

$$\mu_p = 0,48 - (0,48 - \mu_0) \left(\frac{\nu_p - \nu_{pi}}{\nu_{p0} - \nu_{pi}} \right). \quad (15)$$

Значения μ_p по формуле (15) хорошо совпадают с коэффициентами поперечных деформаций по СНиП 2.05.06-85* и данными [2], но при этом предложенная формула намного удобнее.

Предложенные в статье зависимости позволяют осуществить адекватную оценку действительного напряженно-деформированного состояния стальной оболочки центрально сжатой ТБК. При этом на основании истинных диаграмм « σ_p – ε_p », построенных для условий одноосного растяжения, учитывается работа стали в условиях сложного напряженного состояния.

Библиографический список

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
2. Маилян Л.Р., Иващенко Е.И. Расчет железобетонных элементов на основе действительных диаграмм деформирования материалов. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006. – 223 с.
3. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы. – М.: Госстрой России, 2000. – 71 с.



УЧЕТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНА В РАСЧЕТАХ ПРОЧНОСТИ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН

УДК 624

Кришан
Анатолий Леонидович

Профессор кафедры строительных конструкций
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
доктор технических наук

АННОТАЦИЯ

В статье предложена упрощенная методика учета ползучести для бетона, работающего в условиях объемного напряженного состояния. Данная методика основывается на известном методе изохрон и учитывает такие основные особенности работы длительно нагруженного бетона, как неравновесные процессы силового деформирования, нелинейные связи главных напряжений с деформациями в осевом и трансверсальном направлениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Трубобетонная Колонна,
Бетон, Ползучесть,
Деформирование*

Колонны зданий и сооружений в основном работают в условиях длительного приложения сжимающей нагрузки от вышерасположенных конструкций и части временной нагрузки. Расчеты железобетонных конструкций при длительном действии нагрузки отличаются повышенной сложностью вследствие необходимости учета реологических свойств бетона. Работы многих ученых в данном направлении позволили достигнуть определенных успехов.

При длительном действии нагрузки напряженно-деформированное состояние бетона может существенно меняться вследствие проявления неравновесных процессов деформирования. Неравновесность деформирования строительных конструкций – неустранимая объективная реальность, определяющая качество и количество их сопротивления деформированию и разрушению. В этой связи в расчетах на длительное нагружение важно учитывать режимно-наследственную специфику нелинейного неравновесного деформирования бетона.

В литературе существует немало адекватных соотношений, связывающих напряжения, деформации и время для нагруженного бетона [1]. Одним из наиболее обоснованных и перспективных, обеспечивающих точность не менее 97%, представляется реологическое

уравнение С.В. Бондаренко [2], записываемое в следующем виде:

$$\varepsilon(t, t_0) = S_0[\sigma(t)] \left\{ \begin{array}{l} \sigma(t) \left[\frac{1}{E_b(t)} + C_0^*(t, t_0) \right] - \\ - \int_{t_0}^t \sigma(\tau) \frac{d}{d\tau} C_0^*(t, \tau) d\tau \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где $\sigma(t)$ – напряжение в бетоне, действующее во время t ;

$S_0[\sigma(t)]$ – функция нелинейности напряжений единая и для мгновенных деформаций и для деформаций ползучести (ее параметры вычисляются с помощью простейших процедур);

$E_b(t)$ – модуль мгновенной деформации бетона;

$C_0^*(t, t_0)$ – мера простой ползучести стареющего бетона;

t_0 – время начала нагружения.

В правой части этого уравнения первое слагаемое в квадратных скобках определяет относительные мгновенные деформации, второе слагаемое – относительные деформации кратковременной ползучести, последнее слагаемое – относительные деформации ползучести, накапливаемые во времени.

Следует напомнить, что мера простой ползучести стареющего бетона $C_0^*(t, t_0)$ связана с мерой простой ползучести без учета влияния старения $C_0(t, t_0)$ инвариантом С.В. Александровского – В.Д. Харлаба.

$$\frac{1}{\frac{E_b(t)}{C_0^*(t, t_0)} - \frac{1}{E_b(t_0)}} = 1. \quad (2)$$

Заметим, что непосредственное применение в расчетах уравнений типа (1), даже для однородного напряженного состояния, приводит к немалым математическим трудностям. В связи с этим учет ползучести бетона в практических расчетах сжатых железобетонных стержней на практике осуществляют с помощью упрощенных методик, например по аналогии с Евростандартами [3]. Однако для бетона, работающего в условиях объемного напряженного состояния, подобной методики нет.

В данной работе излагается упрощенная методика учета так называемой простой ползучести объемно сжатого бетона, позволяющая учесть основные особенности его деформирования при жестком режиме нагружения.

Для упрощения практических расчетов длительно нагруженных железобетонных конструкций С.Е. Фрайфельд [1] ввел понятие временного модуля деформаций $E_t(\sigma, t, t_0)$, через который устанавливается наиболее простая связь между относительными деформациями и напряжениями при одноосном сжатии

$$\varepsilon(t, t_0) = \frac{\sigma(t)}{E_t(\sigma, t, t_0)}. \quad (3)$$

В квазилинейной постановке данную связь можно выразить следующим образом:

$$\varepsilon(t, t_0) = \frac{\sigma(t)}{E_t^l(t, t_0) [S_0[\sigma(t)]]^{-1}}, \quad (4)$$

где $E_t^l(t, t_0)$ – временный модуль деформации в линейной постановке, определяемый по формуле

$$E_t^l(t, t_0) = \left[\frac{1}{E_b(t)} + C_0^*(t, t_0) - \int_{t_0}^t \frac{\sigma(\tau)}{\sigma(t)} \frac{d}{d\tau} C_0^*(t, \tau) d\tau \right]^{-1}. \quad (5)$$

Аналогичные по сути предложения были реализованы для частного квазилинейного случая при построении метода изохрон, который используется для определения деформации так называемой простой ползучести при эталонном режиме нагружения, характерном для неизменного во времени напряжения ($\sigma = \text{const}; d\sigma/dt = 0$). Колонны многоэтажных зданий со связевыми каркасами работают в условиях мгновенного (в статическом смысле) нагружения образца сжатием с поддержанием в дальнейшем напряжений на уровне, близком к постоянному при небольших колебаниях температуры и влажности окружающей среды. Для таких условий неравновесные процессы силового деформирования бетона могут быть описаны с помощью меры простой ползучести, которая является эмпирически подобранной функцией лишь двух аргументов: времени момента нагружения и времени момента наблюдения.

Графическая связь $\sigma(t, t_0) - \varepsilon(t, t_0)$ для диаграммы-изохроны представляет собой кривую деформирования, все точки которой получены за одинаковый промежуток времени натекания деформаций $(t - t_0)$. Последовательно изменяя время t , можно получить веер кривых изохрон.

Преимущество данного способа заключается в возможности описывать диаграммы $\sigma(t, t_0) - \varepsilon(t, t_0)$ при различных режимах кратковременного и длительного нагружения на всех стадиях деформирования с помощью единообразных зависимостей. Аналитическая запись диаграмм-изохрон для любого времени t и однородного напряженного состояния подобна аналогичной записи диаграмм кратковременного деформирования бетона

$$\varepsilon(t, t_0) = \frac{\sigma(t, t_0)}{E_b(t)v(t, t_0)}, \quad (6)$$

где $v(t, t_0)$ – коэффициент упругости (изменения секущего модуля деформаций) бетона в рассматриваемый момент времени.

Влияние ползучести на деформации бетона в данной методике учитывается с помощью $v(t, t_0)$, т.е. по сути модуль С.Е. Фрайфельда определяется через коэффициент упругости $E_t(\sigma, t, t_0) = E_b(t)v(t, t_0)$. Для практических рас-

четов удобно определять этот коэффициент в зависимости от уровня напряжений (или деформаций), а также реологических свойств бетона. В этой связи наиболее подходящими представляются формулы, предложенные в работе [4].

При объемном сжатии на бетон действуют напряжения в направлении трех координатных осей. Рассмотрим случай действия на бетон нагрузки, вызывающей в нем главные напряжения $\sigma_r(t, t_0) = \sigma_r(t, t_0) > \sigma_z(t, t_0)$. Бетон принимаем трансверсально изотропным нелинейно деформируемым материалом с тремя коэффициентами упругости ν_j ($j = z, r, i$) и переменными коэффициентами поперечных деформаций μ_{zr} , μ_{rr} .

Примем также следующие допущения:

- режим нагружения считается жестким, т.е. $\sigma_r(t, t_0) = \sigma_r(t_0)$, $\sigma_z(t, t_0) = \sigma_z(t_0)$;
- влияние различных факторов (влажность и температура окружающей среды и т.п.) на характеристики линейной ползучести бетона, работающего в условиях одноосного и трехосного сжатия одинаково.

Дополнительно воспользуемся известным принципом суперпозиции, выдвинутым В. Больцманом и Б. Персоцом для нелинейной ползучести бетона.

С учетом принятых допущений запишем зависимости между главными относительными деформациями и напряжениями бетона осевого и трансверсального направлений в условиях длительного нагружения следующим образом:

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_z(t, t_0) \\ \varepsilon_r(t, t_0) \end{array} \right\} &= \frac{1}{E_b(t)} \times \\ &\times \begin{bmatrix} \nu_z^{-1}(t, t_0) & -2\mu_{zr}(t, t_0)\nu_i^{-1}(t, t_0) \\ -\mu_{zr}(t, t_0)\nu_i^{-1}(t, t_0) & (\nu_r^{-1}(t, t_0) - \mu_{rr}(t, t_0)\nu_i^{-1}(t, t_0)) \end{bmatrix} \times \\ &\times \left\{ \begin{array}{l} \sigma_z(t, t_0) \\ \sigma_r(t, t_0) \end{array} \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Коэффициенты упругости по направлениям z и r предлагается находить по формуле

$$\begin{aligned} \nu_j(t, t_0) &= \nu_{ju}(t, t_0) \pm [\nu_{0j}(t, t_0) - \nu_{ju}(t, t_0)] \times \\ &\times \sqrt{1 - \omega_{1j}\eta_j - \omega_{2j}\eta_j^2}, \end{aligned} \quad (8)$$

где η_j – уровень напряжений по соответствующему направлению;

$\nu_{0j}(t, t_0), \nu_{ju}(t, t_0)$ – значения коэффициента упругости в начале и вершине диаграммы $\sigma_j(t, t_0) - \varepsilon_j(t, t_0)$;

$\mu_{zr}(t, t_0), \mu_{rr}(t, t_0)$ – коэффициенты поперечной деформации бетона; ω_{1j}, ω_{2j} – коэффициенты, характеризующие кризису соответствующей диаграммы, причем

$$\omega_{1j} = 2 - 2,5\nu_{ju}(t, t_0); \quad \omega_{2j} = 1 - \omega_{1j}. \quad (9)$$

В формуле (8) знак плюс используется для восходящей ветви диаграммы, а знак минус – для нисходящей.

Уровни напряжений в бетоне определяются для времени начала нагружения по формулам:

$$\eta_z = \frac{\sigma_z(t_0)}{\sigma_{zu}(t_0)}; \quad \eta_r = \frac{\sigma_r(t_0)}{\sigma_{ru}(t_0)}, \quad (10)$$

где $\sigma_{ju}(t_0)$ – предельные напряжения по соответствующему направлению.

Значения коэффициентов упругости в базовых точках диаграмм $\sigma_j(t, t_0) - \varepsilon_j(t, t_0)$ в условиях трехосного длительного сжатия ТБК рекомендуется вычислять следующим образом:

$$\nu_{0j}(t, t_0) = \frac{\nu_{0j}(t_0)\alpha_{E3}(t_0)}{\alpha_{E3}(t_0) + \varphi_3(t, t_0)}; \quad \nu_{0j}(t_0) = 1; \quad (11)$$

$$\nu_{ju}(t, t_0) = \frac{\nu_{ju}(t_0)\alpha_{E3}(t_0)}{\alpha_{E3}(t_0) + \nu_{ju}(t_0)S_{0j}\varphi_3(t, t_0)}, \quad (12)$$

где $\alpha_{E3}(t_0)$ – отношение начальных модулей упругости $E_b/E_b(t_0)$ бетона;

$\nu_{ju}(t_0)$ – коэффициент упругости в вершине диаграммы $\sigma_j(t_0) - \varepsilon_j(t_0)$ при кратковременном приложении нагрузки;

$\varphi_3(t, t_0)$ – коэффициент линейной ползучести бетона, работающего в условиях трехосного сжатия;

S_{0j} – функция нелинейности для направления j .

Для осевого и трансверсального направлений величины коэффициентов упругости в вершинах диаграмм $\nu_{ju}(t_0)$ находятся по формуле

$$\nu_{ju}(t_0) = \frac{\sigma_{ju}(t_0)}{\varepsilon_{j0}^d(t_0)E_b(t_0)}, \quad (13)$$

в числителе которой используются напряжения (σ_{zu} и σ_{ru}), соответствующие выходу на поверхность прочности объемно сжатого бетона при кратковременном действии нагрузки, а в знаменателе ε_{j0}^d – диагональные деформации данного направления ($j = z, r$).

Методика определения предельных напряжений $\sigma_{ju}(t_0)$ осевого и радиального направлений во многом зависит от принятого режима нагружения. Например, при простом режиме нагружения, в результате которого все главные напряжения увеличиваются пропорционально одному параметру, можно записать следующее уравнение:

$$\sigma_z(t_0) = \eta R_b(t_0) + k \sigma_r(t_0), \quad (14)$$

где η – уровень действующих напряжений ($\eta = 0 \div 1$) по отношению к предельному уровню, соответствующему выходу на поверхность прочности при кратковременном нагружении;

$R_b(t_0)$ – расчетное сопротивление сжатию одноосно сжатого бетона;

k – коэффициент бокового давления.

При известных $\sigma_z(t_0)$, $\sigma_r(t_0)$, $R_b(t_0)$ и k сначала вычисляется η и затем находятся значения предельных напряжений

$$\sigma_{zu}(t_0) = \sigma_z(t_0)/\eta; \quad \sigma_{ru}(t_0) = \sigma_r(t_0)/\eta. \quad (15)$$

Диаграммы кратковременного сжатия « $\sigma_z(t_0) - \varepsilon_z^d(t_0)$ » и « $\sigma_r(t_0) - \varepsilon_r^d(t_0)$ », связывающие нормальные напряжения осевого и радиального направлений с соответствующими диагональными деформациями, представлены на рис. 1. Под диагональными понимаются главные деформации, обусловленные напряжениями соответствующего направления и вычисленные без учета влияния коэффициентов поперечной деформации. Использование термина «диагональные» обусловлено тем, что их значения определяются элементами матрицы податливости в системе (7), расположенными на ее главной диагонали. Например, полная величина деформации $\varepsilon_z(t, t_0)$ зависит не только от $\sigma_z(t, t_0)$, но еще и от напряжений радиального направления $\sigma_r(t, t_0)$.

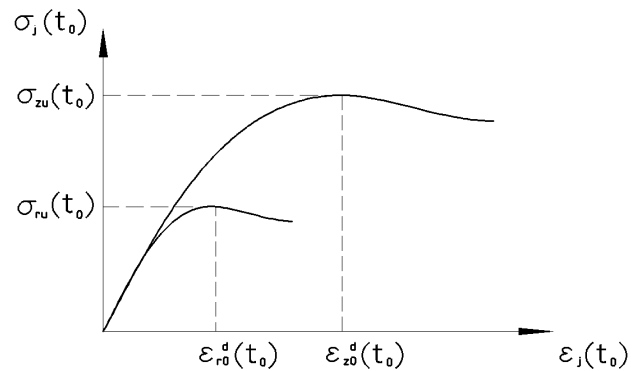


Рис. 1. Связь нормальных напряжений с диагональными деформациями:

- 1 – для осевого направления $\sigma_z - \varepsilon_z^d$;
- 2 – для радиального направления $\sigma_r - \varepsilon_r^d$

Диагональные деформации в вершинах диаграмм « $\sigma_j(t_0) - \varepsilon_j^d(t_0)$ » определяются в зависимости от полных относительных деформаций $\varepsilon_{z0}(t_0)$ и $\varepsilon_{r0}(t_0)$, соответствующих выходу напряжений на поверхность прочности объемно сжатого бетона и связанных с диагональными следующими зависимостями:

$$\varepsilon_{z0}(t_0) = \varepsilon_{z0}^d(t_0) - \frac{2\mu_{zru}(t_0)\sigma_{ru}(t_0)}{\nu_i(t_0)E_b(t_0)}; \quad (16)$$

$$\varepsilon_{r0}(t_0) = \varepsilon_{r0}^d(t_0) - \frac{\mu_{zru}(t_0)\sigma_{zu}(t_0)}{\nu_i(t_0)E_b(t_0)} - \frac{\mu_{rru}(t_0)\sigma_{ru}(t_0)}{\nu_r(t_0)E_b(t_0)}. \quad (17)$$

Причем деформация $\varepsilon_{z0}(t_0)$ может быть вычислена в зависимости от $\sigma_{zu}(t_0)/R_b(t_0)$, например, по формуле Евронорм [3].

Коэффициенты упругости ν_i и поперечных деформаций μ_{zr}, μ_{rr} определяют значения деформаций вдоль одного (осевого или трансверсального) направления, обусловленные напряжениями другого направления (соответственно трансверсального или осевого). Эти коэффициенты зависят от всех компонентов напряженно-деформированного состояния бетона, поэтому для их определения предлагается использовать величины интенсивности напряжений σ_i и деформаций ε_i .

Известно, что интенсивность напряжений является вполне определенной функцией. Она зависит только от материала, независимой от вида напряженного состояния, функцией ин-

тенсивности деформаций $\sigma_i = F(\varepsilon_i)$. Поэтому любой вид объемного напряженного состояния в области упругих, упругопластических и пластических деформаций можно свести к простейшим видам, построив соответствующую кривую $\sigma_i = F(\varepsilon_i)$. Такая зависимость для бетона может быть записана в виде

$$\sigma_i = \nu_i E_m(t_0) \varepsilon_i. \quad (18)$$

Учитывая, что для рассматриваемого напряженного состояния в предельном состоянии справедливы уравнения

$$\sigma_i = \sqrt{3D_2} = |\sigma_{zu} - \sigma_{ru}|; \quad (19)$$

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{D_{2\varepsilon}} = \frac{2}{3} |\varepsilon_{z0} - \varepsilon_{r0}|, \quad (20)$$

где D_2 и $D_{2\varepsilon}$ – вторые инварианты девиаторов напряжений и деформаций, и, подставив в (18) выражения (19) и (20), получим следующую формулу для вычисления предельной радиальной деформации бетона

$$\varepsilon_{r0}(t_0) = \varepsilon_{z0}(t_0) - \frac{3(\sigma_{zu}(t_0) - \sigma_{ru}(t_0))}{2\nu_{iu}(t_0)E_b(t_0)}. \quad (21)$$

Коэффициенты упругости $\nu_i(t_0)$ (или $\nu_i(t, t_0)$) при любом уровне нагружения связаны с соответствующими коэффициентами $\nu_z(t_0)$ для осевого и $\nu_r(t_0)$ для трансверсального направлений зависимостями следующего вида:

$$\begin{aligned} \nu_i(t_0) &= \sqrt{(\nu_z(t_0)\nu_r(t_0))}; \\ \nu_i(t, t_0) &= \sqrt{(\nu_z(t, t_0)\nu_r(t, t_0))}. \end{aligned} \quad (22)$$

Точность оценки напряженно-деформированного состояния ТБК будет существенно выше при учете изменения коэффициентов поперечной деформации бетона $\mu_{jr}(t, t_0)$ вследствие повышения уровня нагрузки, образования микротрещин в бетоне и проявления неравновесных процессов длительного деформирования. Значения коэффициентов $\mu_{jr}(t, t_0)$ предлагается находить по формуле

$$\begin{aligned} \mu_{jr}(t, t_0) &= \mu_{jru}(t_0) - \\ &- \left[\mu_{jru}(t_0) - \mu_b(t_0) \right] \left[\frac{\nu_i(t, t_0) - \nu_{iu}(t, t_0)}{\nu_{0j}(t, t_0) - \nu_{iu}(t, t_0)} \right]^{0,5}, \end{aligned} \quad (23)$$

в которой $\mu_b(t_0) \approx 0,2$ – коэффициент Пуассона для бетона; $\mu_{jru}(t_0)$ – предельное значение коэффициента поперечной деформации для бетона, определяемое по известной формуле

$$\mu_{jru}(t_0) = \mu_b(t_0) + (1 - \sqrt[3]{\nu_{iu}(t, t_0)}) \chi_{jr}; \quad (24)$$

$$\chi_{jr} = \frac{|\sigma_{ju} - \sigma_{ru}| \cdot \left(\frac{\sigma_{zu}}{R_{bn}} \right)^s + |\sigma_{zu} - \sigma_{ru}| \cdot \left[1 - \left(\frac{\sigma_{zu}}{R_{bn}} \right)^s \right]}{\sigma_{zu} - \sigma_{ru}}, \quad (25)$$

где $s = -1$ для тяжелого бетона, $s = -2$ для мелкозернистого бетона.

Реологические свойства бетона учитываются снижением коэффициента упругости (см. формулы (11) и (12)) за счет коэффициента ползучести $\varphi_3(t, t_0)$ и функции нелинейности S_{0j} для данного направления j .

Коэффициент линейной ползучести бетона, работающего в условиях трехосного сжатия, не зависит от направления расчета деформаций и находится по формуле

$$\varphi_3(t, t_0) = \frac{\varphi_l(t, t_0)}{1 + \sqrt{k} \sigma_{ru} / \sigma_{zu}}, \quad (26)$$

в которой $\varphi_l(t, t_0)$ определяет линейную составляющую ползучести для одноосно сжатого бетона. Для ее определения существует множество предложений, например в работе [5]. Для практических расчетов в действующих нормах приводятся приближенные значения линейной ползучести $\varphi_l(\infty, t_0)$ ко времени ее стабилизации ($t \rightarrow \infty$).

Для учета нелинейной ползучести можно воспользоваться достаточно обоснованной формулой С.В. Бондаренко [2] или одним из наиболее простых выражений функции S_{0j} , предложенных в [3]:

$$S_{0j} = \exp(1,5(\eta_j - 0,45)), \quad (27)$$

в котором при уровне действующих напряжений по каждому направлению $\eta_j < 0,45$ принимается $S_{0j} = 1$.

В рамках предложенной методики учета деформаций ползучести при длительном действии нагрузки предлагается упрощенная зависимость для вычисления относительного предела длительной прочности объемно сжатого бетона $\eta_{ju}(t, t_0)$. Например, при фиксации

одного из главных напряжений $\sigma_r(t_0) = const$ относительный предел длительной прочности может быть вычислен по формуле

$$\eta_{zu}(t, t_0) = \frac{\sigma_{zu}(t)}{\sigma_{zu}(t_0)} \sqrt{\frac{1}{1 + S_{0z} \varphi_3^*(t, t_0)}}. \quad (28)$$

В основу предлагаемой формулы положена известная зависимость Ю.В. Зайцева [6] для случая одноосного сжатия. Данная зависимость позволяет прогнозировать характер изменения длительной прочности во времени с учетом двух происходящих в бетоне процессов: нарастания кратковременной прочности – старения, и проявления ползучести, связанной с развитием деструктивных процессов в бетоне, особенно при высоких уровнях напряжений.

В предложенной формуле впервые проявление деструктивных процессов оценивается

с помощью коэффициента ползучести $\varphi_3^*(t, t_0)$ и функции нелинейности S_{0j} .

Более точное определение коэффициента ползучести бетона рекомендуется выполнять с учетом изменения во времени начального модуля упругости по формуле

$$\varphi_3^*(t, t_0) = (1 + \varphi_3(t, t_0)) \frac{E_b(t)}{E_b(t_0)} - 1. \quad (29)$$

Формула (29) получена на основании использования инварианта С.В. Александровского – В.Д. Харлаба.

Расчет прочности ТБК при длительном действии сжимающей нагрузки предложено выполнять итерационным методом на основе нелинейной деформационной модели, учитывающий неоднородность напряженного состояния и физическую нелинейность бетонного ядра и стальной оболочки.

Библиографический список

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. – М.: АСВ. – 2004.
2. Бондаренко С.В. Теория сопротивления строительных конструкций режимным нагружениям. – М.: Стройиздат. – 1984.
3. EN 1992-1:2001 (Final Draft, April, 2002) Eurocode-2: Design of Concrete Structures.-Part 1: eneral Rules and Rules for Building. – Brussels. – 67 p.
4. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
5. Прокопович И.Е. Влияние длительных процессов на напряженное и деформированное состояние сооружений. – М.: Госстройиздат, 1963. – 260 с.
6. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушений. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.



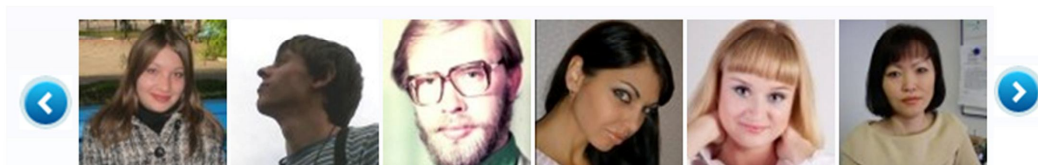


научный портал

РАЗДЕЛЫ ПОРТАЛА

- » Кладезь науки
- » Образовательные учреждения
- » Научные мероприятия

НАУКА.РФ



НАУКА.РФ - научный портал, целью которого является объединение людей и организаций, занимающихся научной деятельностью, в электронное научное сообщество - научную сеть - для аккумуляции и распространения научных знаний в современной и доступной форме.

НАУКА.РФ - это:

- ↳ Упорядочение потока научно-образовательной информации в сети Интернет.
- ↳ Создание "Научного сообщества", охватывающего множество отраслей наук и привлекающего граждан - потребителей образовательных услуг и учреждения, работающие в сфере образования.
- ↳ Продвижение инновационных образовательных технологий.
- ↳ Создание реестра образовательных учреждений и научных центров и предоставляемых ими услуг.
- ↳ Создание условий для сотрудничества между образовательными учреждениями и научными центрами, а также потребителями в контексте проводимых ими различных мероприятий.



Наши контакты:
e-mail: portal@nauka-rf.com
skype: [nauka.rf](https://www.skype.com/name/nauka.rf)



Читайте нас подробнее | www.nauka.rf

portal@nauka-rf.com | Напишите нам письмо

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЦЕНКИ РИСКА АВАРИИ ЗДАНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ТАРИФА ОБЯЗАТЕЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69.059

Байбурин
Денис Альбертович

Аспирант кафедры «Строительная механика»
ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный
университет», г. Челябинск, магистр техники
и технологии по направлению «Строительство»

Иванов
Андрей Евгеньевич

Директор ООО «Проектстройэкспертиза»,
г. Челябинск

Мельчаков
Анатолий Петрович

Профессор кафедры «Строительная механика»
ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный
университет», г. Челябинск,
доктор технических наук, советник РААСН

АННОТАЦИЯ

В статье приведен результат оценки риска аварии, остаточного ресурса и расчета тарифной ставки страхования для здания на опасном производственном объекте. Рассматриваются перспективы развития методики оценки риска аварии для промышленных зданий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Риск, Риск-менеджмент,
Остаточный ресурс,
Страхование,
Промышленная безопасность*

В 2012 года с 1-го января, согласно Федеральному закону №116-ФЗ от 21.07.1997 г., введено обязательное страхование опасных производственных объектов (ОПО) и, более того, с 1-го апреля, согласно Федеральному закону №225-ФЗ от 27.07.2010 г., для поднадзорных предприятий вводятся штрафные санкции за отсутствие полиса страхования ОПО.

Действующие правовые документы предусматривают фиксированные страховые суммы для определенных типов ОПО и назначение страховых премий путем перемножения страховой суммы на базовый тариф [2]. Однако, для использования страхования как рычага регулирования безопасности, назначение страхового тарифа должно опираться на адекватную оценку безопасности объекта страхования. Именно в этом случае страхователь будет заинтересован в качественном выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ.

Опорой страхования в зарубежном строительстве является хорошо развитый риск-менеджмент. Там обучаются эксперты, которые затем оценивают различные риски и разрабатывают управленческие меры по их снижению (переносу и т.д.). В нашей стране, к сожалению, управление рисками еще не используется в строительной отрасли, но уже достаточно активно ведутся разработки различных методик оценки риска [3, 4].

Очевидно, что для зданий и сооружений целесообразно оценивать риск аварии (обрушения здания или его части), который обобщает вероятность аварийного события с тяжестью последствий, вызванных этим событием [3].

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» совместно с ООО «Проектстройэкспертиза» была проведена работа по анализу риска аварии на одном из опасных производственных объектов

и положена основа для разработки метода оценки риска аварии и прогнозирования остаточного ресурса для каркасов одноэтажных производственных зданий. Работа проводилась в инициативном порядке в процессе проведения очередной экспертизы промышленной безопасности здания.

Ранее мы уже проводили краткий анализ существующих методик оценки остаточного ресурса [5] и сделали вывод о целесообразности применения к объектам повышенного уровня опасности методик, основанных на оценке риска и вероятности аварии. Целью работы было установить возможность применения методики оценки риска аварии для оценки остаточного ресурса здания.

Исследуемое промышленное здание – цех со смешанным каркасом 1960-1964 года постройки. Конструкции покрытия и подкрановые балки – металлические, остальные конструкции – железобетонные. Пространственная жесткость в продольном направлении обеспечивается связями по верхним и нижним поясам ферм и диском покрытия и жесткой заделкой колонн в фундаменты-стаканы, в поперечном – жесткой заделкой железобетонных колонн в фундаменты-стаканы.

Согласно методике [3] первым шагом в оценке риска является выбор групп однотипных строительных конструкций, непосредственно влияющих на риск аварии здания. В общем случае, таковыми являются конструкции, составляющие несущий каркас здания, включая фундаменты и основание. Неудовлетворительное состояние самонесущих стен промзданий может незначительно повышать риск аварии за счет возможности локального обрушения стен с малой величиной ущерба, однако в текущей работе состояние конструкций стен было признано работоспособным и исключено из расчета риска аварии. Таким образом, были выделены следующие группы однотипных конструкций: основание здания, фундаменты под колонны, колонны, подстропильные фермы, стропильные фермы, элементы вертикальных и горизонтальных связей, подкрановые балки, плиты покрытия.

Основание здания – мелкозернистый песок и суглинок, все характеристики грунтов известны и подтверждены геологическими изысканиями.

Фундаменты под колонны – сборные железобетонные стаканного типа из бетона марки М200, глубина заложения фундаментов –3,000, -4,000 м.

Колонны – сборные железобетонные крайних рядов – сечением 0,5×1,0 м, средних – двухветвевые с сечениями ветви 0,5×0,5 м из бетона марки М200, М300.

Стропильные, подстропильные фермы и элементы вертикальных и горизонтальных связей диска покрытия выполнены из стали СтЗкп, длина двускатных стропильных ферм 30 м, односкатных – 15 м, подстропильных – 18, 24 м.

Подкрановые балки сварные металлические из стали марки СтЗсп длиной 6, 12, 18 и 24 м.

Покрытие цеха – железобетонные ребристые плиты покрытия типа ПКЖ из бетона марки М200 размерами 6,0×1,5 м, металлические щиты, мелкогабаритные железобетонные плиты покрытия, кровля мягкая, рулонная.

Следующим этапом оценки риска аварии являются оценка текущего состояния конструкций и получение закона распределения уровней надежности (деградации конструкций) для каждой из групп однотипных конструкций (рис. 1).

Параметрами закона являются значения трех величин: p_1 – уровень надежности наиболее дефектной в группе конструкции; p_2 – уровень надежности наименее дефектной в группе конструкции; k – параметр, характеризующий различие в значениях плотности вероятностей уровней надежности наиболее и наименее дефектных конструкций в группе.

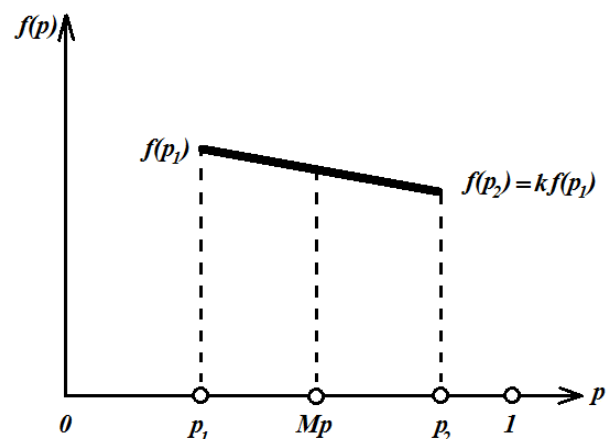


Рис. 1. Закон распределения показателей надежности для группы однотипных конструкций

Параметр k , как и параметры p_1 и p_2 , является «единичным» показателем уровня конструкционной безопасности строительного объекта. Величина параметра k , варьируемая в пределах от 0 до 1, зависит главным образом от человеческих ошибок, допускаемых при эксплуатации зданий и сооружений. Для его определения в первом приближении можно воспользоваться формулой

$$k = 1 - s^*/S,$$

где S – общая площадь, занимаемая группой однотипных конструкций;

s^* – ее часть, подверженная в процессе эксплуатации объекта какому-либо негативному воздействию (промораживание, замачивание, действие агрессивной среды и др.).

Математическая модель закона деградации определится из условия, что площадь под законом распределения всегда равна единице. При этом условии модель деградации группы конструкций принимает вид:

$$f(p) = [2(p_2 - p) - 2k(p_1 - p)] / [(1+k)(p_2 - p_1)^2].$$

Математическое ожидание закона (среднее значение уровня надежности) найдется из

решения определенного интеграла $\int pf(p)dp$ в пределах от p_1 до p_2 . В результате имеем:

$$Mp = [2(k-1)(p_2^3 - p_1^3) + 3k(p_1^3 - p_1 p_2^2) + 3(p_2^3 - p_2 p_1^2)] / [3(1+k)(p_2 - p_1)^2].$$

Признаком деградации группы однотипных конструкций в процессе эксплуатации объекта является уменьшение среднего значения распределения Mp , которое постепенно и необратимо смещается по оси p влево за счет системоразрушающих факторов (старение конструкций, их износ, коррозия, усталость и др.).

Назначение уровней надежности происходит на основе расчетов, опыта эксплуатации и обследования конкретного типа конструкций по правилу назначения уровней надежности, применимого для любых типов конструкций (табл. 1).

Стоит отметить, что уровню опасности конструкции «0» соответствует такое состояние конструкции, при котором коэффициенты запаса соответствуют проектным, уровню опасности «б» – такое состояние конструкции, когда проектный запас практически исчерпан, а уровню опасности «10» соответственно предельное состояние, при котором конструкция превращается в механизм.

Таблица 1

Правило назначения уровня надежности конструкции

Уровень опасности конструкции	Отношение конструкции к требованиям проекта	Ранг уровня	Уровень надежности конструкции
0	Дефектов нет	–	1,000
1	Соответствие требованиям проекта практически полное	1	0,994
		2	0,987
		3	0,981
2	Отклонения от требований проекта незначительные	1	0,969
		2	0,939
		3	0,910
3	Отклонения от требований проекта значительные	1	0,882
		2	0,828
		3	0,777
4	Соответствие требованиям проекта низкое	1	0,730
		2	0,686
		3	0,644
5	Соответствия требованиям проекта практически нет	1	0,604
		2	0,568
		3	0,533

Окончание табл. 1

Уровень опасности конструкции	Отношение конструкции к требованиям проекта	Ранг уровня	Уровень надежности конструкции
6	Соответствие предельно-низкое	–	0,500
7	Конструкция содержит опасный дефект	1	0,470
		2	0,441
		3	0,414
8	Конструкция содержит несколько опасных дефектов	1	0,389
		2	0,365
		3	0,343
9	Конструкция содержит угрожающие аварией дефекты	1	0,322
		2	0,303
		3	0,284
10	Состояние конструкции практически предельное	–	0,250

Для обеспечения оперативной оценки в настоящее время ведется разработка правил назначения уровней надежности для отдельных типов конструкций в зависимости от характера обнаруженных дефектов и повреждений. Накопление данных предполагается вести за счет введения в работу экспертной системы, позволяющей обобщать и применять накопленный в процессе проведения экспертиз опыт оценки риска аварии [6, 7]. При этом для каждого типичного дефекта отдельной группы конструкций составляется свое правило назначения уровней надежности по результатам данных визуально-инструментального осмотра (табл. 2) на основе анализа снижения несущей

способности, устойчивости, долговечности поврежденных конструкций с учетом величины ущерба при их обрушении.

Для исследуемого здания значения максимальных и минимальных уровней надежности для групп однотипных конструкций представлены в табл. 3.

По результатам назначения уровней надежности наглядно видно, какие конструкции вносят больший вклад в величину риска аварии, что немаловажно при предоставлении результатов заказчику. Кроме того, возможно прогнозирование снижения риска аварии при выполнении ремонта (замены) этих конструкций.

Таблица 2

Правила назначения уровней надежности для железобетонных колонн (пример)

№ п/п	Описание дефекта	Фотография типового дефекта	Характеристика дефекта	ρ	
1	Нарушение защитного слоя бетона колонны		Площадь, м ² ; глубина, мм, до:	0,05, 10	0,994
				0,05, 20	0,987
				0,05, 30	0,939
				0,1, 10	0,987
				0,1, 20	0,969
				0,1, 30	0,882
				0,15, 10	0,969
				0,15, 20	0,910
				0,15, 30	0,828
				0,2, 10	0,939
				0,2, 20	0,882
			

Окончание табл. 2



№ п/п	Описание дефекта	Фотография типового дефекта	Характеристика дефекта	<i>p</i>
2	Скол бетона ребра колонны с оголением рабочей арматуры, коррозия арматуры		Длина, мм; глубина, мм; коррозия, мм, до: 100, 50, 0,05 200, 60, 0,1 300, 70, 0,2 400, 80, 0,4 500, 90, 1,0 ...	0,987 0,969 0,828 0,730 0,644 ...
3	Скол бетона оголовка колонны с оголением рабочей арматуры, коррозия арматуры		Длина, мм; глубина, мм; коррозия, мм, до: 100, 50, 0,05 150, 60, 0,1 200, 70, 0,2 250, 80, 0,4 300, 90, 1,0 ...	0,910 0,828 0,730 0,604 0,470 ...
...				

Таблица 3

Результаты назначения уровней надежности для обследуемого объекта

Название группы однотипных конструкций	<i>p</i> ₁	<i>p</i> ₂	Примечание
1. Основание здания	0,987	0,987	Дефектов и повреждений, свидетельствующих о просадке здания, не выявлено, прорывов технологических трубопроводов не выявлено, разрушений фундаментов во вскрытых шурфах не выявлено, проектные данные о грунтах совпадают с данными геологических изысканий, незначительно нарушена отмостка здания
2. Фундаменты под колонны	0,987	0,987	
3. Колонны	0,644	0,987	Разрушение бетона на оголовках колонн, локальные замачивания, незначительные сколы с оголением рабочей арматуры, прочность бетона соответствует проектной
4. Подстропильные фермы	0,343	0,882	Значительное коррозионное повреждение одной из четырех подстропильных ферм, локальные замачивания узлов ферм с коррозией до 5% сечения, отсутствие защитного покрытия
5. Стропильные фермы	0,828	0,939	Замачивание опорных стоек и верхних поясов ферм с коррозией до 3%, отсутствие защитного покрытия, на 10% ферм действует дополнительное периодическое температурное воздействие (нагрев нижнего пояса до 50-110°C) от прокатного стана

Окончание табл. 3

Название группы однотипных конструкций	P_1	P_2	Примечание
6. Элементы вертикальных и горизонтальных связей	0,828	0,987	Погибы с малой длиной и стрелой погиба, меньшая часть подвержена дополнительному периодическому температурному воздействию от прокатного стана
7. Подкрановые балки	0,910	0,987	На одной балке зафиксирован незначительный погиб верхней полки, небольшое дополнительное вибрационное воздействие связано с тем, что часть крановых путей требует рихтовки и установки прижимных планок
8. Плиты покрытия	0,470	0,994	Имеется несколько ограниченно работоспособных плит с опасным дефектом в виде оголения и коррозии арматуры продольных ребер на всю длину, на 50% плит следы замачивания в виде высолов белого цвета слабой и средней степени интенсивности

Для зданий нормальной категории ответственности целесообразно вести расчет по наиболее ожидаемому значению статистического распределения риска аварии, полученному в результате математического моделирования путем разыгрывания наложения дефектов и повреждений групп конструкций друг на друга методом Монте-Карло. В таком случае результат представится в виде гистограммы распределения риска аварии (рис. 2). Метод получения подобных распределений (деградации) по конструкциям и распределения риска был описан в статье [8].

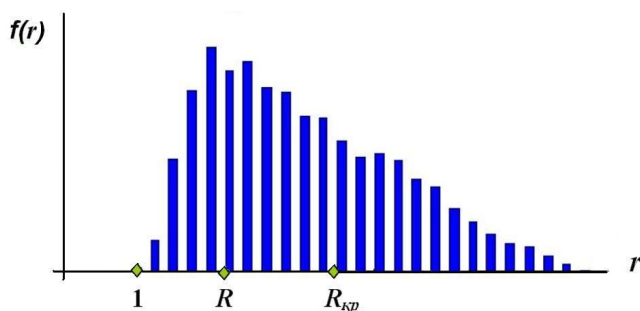


Рис. 2. Гистограмма распределения риска аварии

Для зданий и сооружений повышенной категории ответственности, строительные аварии которых могут привести к тяжелым социальным и экономическим последствиям, целесообразно также проводить жесткую оцен-

ку риска аварии по минимальным значениям уровней надежности, при которой риск аварии вычисляется по следующей формуле:

$$R_{\phi} = 1 / \prod P_{li}^{\gamma},$$

где R_{ϕ} – фактический риск аварии;

$\prod P_{li}$ – произведение минимальных уровней надежности всех групп конструкций;

γ – поправочный коэффициент дополнительных воздействий.

Поправочный коэффициент дополнительных воздействий учитывает работу конструкций при непроектных воздействиях, в нашем случае он снижает общий уровень надежности за счет неудовлетворительного состояния кровельного ковра на 0,7, дополнительных воздействий на конструкции от мостовых кранов, расстройстве крановых путей на 0,95, наличия участков локального перегрева конструкций на 0,9 и наличия в цехе среднеагрессивной к конструкциям среды на 0,95, следовательно:

$$\gamma = 0,7 \times 0,95 \times 0,9 \times 0,95 = 0,569.$$

Таким образом, значение риска аварии для исследуемого здания:

$$R = 1 / (0,987 \times 0,987 \times 0,644 \times 0,343 \times 0,828 \times 0,828 \times 0,910 \times 0,470 \times 0,569) = 27,87.$$

Рассмотрим варианты снижения риска аварии путем проведения ремонта (замены) каких либо конструкций. Так при ремонте кровли из коэффициента γ будет исключен составляющий коэффициент 0,7 и риск составит 19,5, при усилении подстропильной фермы и переоценке уровня надежности конструкций значение риска уменьшится в 2 раза и составит 10,83. Таким образом, можно просчитывать экономическую эффективность каждого варианта снижения риска и принимать соответствующие решения – это один из подходов снижения риска, активно применяемый в риск-менеджменте.

Расчет остаточного ресурса через риск аварии не зависит от статистических среднетрасловых сроков эксплуатации конструкций и зданий и характеризует остаточный ресурс всего каркаса здания. Упрощенная формула, по которой можно вычислить остаточный ресурс здания, выглядит следующим образом:

$$T_{\text{бo}} = T_{\text{ф}} (32 - R_{\text{ф}}) / (R_{\text{ф}} - 1),$$

где $T_{\text{бo}}$ – безопасный остаточный ресурс;
 $T_{\text{ф}}$ – фактический срок службы здания;
 $R_{\text{ф}}$ – фактический риск аварии.

Для исследуемого здания безопасный остаточный ресурс составит:

$$T_{\text{бo}} = 48 \text{ лет } (32 - 27,87) / (27,87 - 1) = 7,4 \text{ года.}$$

Стоит отметить, что полученное значение остаточного ресурса здания адекватно только в случае эксплуатации здания в тех же условиях, что и при его эксплуатации на протяжении предыдущего периода. В нашем случае при превышении безопасного остаточного ресурса подстропильная ферма перейдет в предельное состояние, характеризующее невозможностью сопротивляться непроектным воздействиям, через некоторое время за ней последуют плиты покрытия. Полученные значения риска аварии и остаточного ресурса диктуют необходимость ремонта здания, а значения уровней надежности групп однотипных конструкций – его последовательность.

Рычагом повышения безопасности зданий и сооружений является обязательное страхование, при котором величина страхового тарифа напрямую зависит от риска аварии. В применяемой методике также предложен

механизм регулирования безопасности путем расчета тарифной ставки в зависимости от величины риска аварии.

Для расчета текущей тарифной ставки можно воспользоваться упрощенной формулой:

$$N = 1 - \exp [-0,0365 (R_{\text{ф}} - 1)].$$

Для исследуемого здания при текущем состоянии тарифная ставка составит:

$$N = 1 - \exp [-0,0365 (20,35 - 1)] = 0,625.$$

При выполнении ремонта кровли или усилении подстропильной фермы тарифная ставка составит 0,491 и 0,301 соответственно. Таким образом, можно просчитать экономическую эффективность того или иного мероприятия, направленного на снижение риска аварии.

В заключении стоит отметить, что данный метод оценки зданий и сооружений при наличии апробированной методики с обоснованными правилами назначения уровней надежности будет отличаться универсальностью и оперативностью, что положительно скажется на затратах при оценке объектов в рамках ЭПБ. Немаловажно и то, что за счет снижения требований к квалификации эксперта такую методику можно применять при прогнозировании остаточного ресурса производственных объектов непосредственно службами строительного надзора на предприятии, тем самым обеспечив эффективность планирования проведения ремонтных работ и снижение рисков и ущербов.

Выводы

1. Применение оценки риска аварии для расчета остаточного ресурса и страхового тарифа возможно, но, как и для любого вероятностного метода, необходима калибровка за счет введения поправочных коэффициентов на различные условия эксплуатации зданий.

2. Целесообразно накопление опыта при оценке дефектов и повреждений конструкций для создания адекватных и уточнения существующих правил назначения уровней надежности, что реализуется при создании экспертной системы. Быстрее всего накопление опыта будет возможно при условии обследования серийных (однотипных) конструкций, таких как каркасы производственных зданий.

Библиографический список

1. Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон №225-ФЗ от 27.07.2010 г. «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте»
3. Мельчаков А.П. Прогноз, оценка и регулирование риска аварии зданий и сооружений: Теория, методология и инженерные приложения: Монография / А.П. Мельчаков, Д.В. Чебоксаров. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2009. – 113 с.
4. Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Научное издание / А.Г. Тамразян, С.Н. Булгаков, И.А. Рахман, А.Ю. Степанов. Под общ. ред. А.Г. Тамразяна. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 304 с.
5. Байбурин А.Х., Иванов А.Е., Байбурин Д.А. Некоторые аспекты оценки остаточного ресурса строительных конструкций [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электрон. научн. журн. 2010: URL: <http://www.pamag.ru/pressa/aspekty-ocenki>
6. Байбурин Д.А. Автоматизированная экспертная система контроля риска аварий зданий и сооружений в процессе их создания // 63-я научная конференция. Секции технических наук. Челябинск: ЮУрГУ, 2011.
7. Байбурин Д.А., Фабрика Е.В. Разработка экспертной системы оценки риска аварий в строительных системах на стадиях проектирования, возведения и эксплуатации // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Материалы IV Всероссийская научно-техническая конференции с международным участием. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 86.
8. Чебоксаров Д.В. Оценка и обеспечения уровня конструкционной безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Предотвращение аварий зданий и сооружений: электрон. научн. журн.: URL: <http://www.pamag.ru/pressa/oooukb-zis>



ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 69.059.4

Гатауллин
Ильдар Нуруллович

г.Казань,
кандидат технических наук, доцент

АННОТАЦИЯ

Заостряется внимание на решении вопросов безопасной жизнедеятельности человека в зоне промышленных предприятий и увеличении долговечности промышленных зданий и сооружений. Приводятся результаты научных исследований покрытия строительных конструкций, изготовленных из стали и железобетона, промышленных зданий на ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» (г.Губкин) и ОАО «Нижнекамскнефтехим» (г.Нижнекамск).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Промышленные здания и сооружения,
Железобетонные конструкции,
Металлические конструкции,
Коррозионный износ,
Агрессивные среды,
Агрессивное воздействие,
Долговечность*

Введение

Научно-технический прогресс и связанные с ним грандиозные масштабы производственной деятельности человека привели к большому позитивным преобразованиям в мире – созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, широкому развитию всех видов транспорта и др. Вместе с тем резко ухудшилось состояние окружающей среды. Загрязнение атмосферы твердыми, жидкими и газообразными отходами достигает угрожающих размеров. Рост промышленности сопровождается образованием значительного количества отходов. Наибольший удельный вес загрязнения атмосферного воздуха приходится на долю оксидов углерода, серы и азота, углеводородов и промышленной пыли.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в зоне промышленных предприятий является актуальной задачей. Для решения этой задачи предприятия должны проводить плановые ремонтные работы, научно обоснованные перерасчетами несущей способности строительных конструкций. Всё это способствует уменьшению вероятности аварий и катастроф, которые приводят к многочисленным человеческим и материальным потерям, наносят значительный ущерб окру-

жающей среде, отравляют атмосферу вредными веществами. Эти потери в некоторых случаях могут превосходить в сотни и тысячи раз те потери, которые необходимо вложить на диагностические, профилактические мероприятия и предупредительные работы. Для безопасной эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений промышленных предприятий необходимо разработать новые направления и методы в области обследования и освидетельствования состояния строительных конструкций, прогнозирования их несущей способности.

Основными причинами поражения конструкций являются:

- а) нарушения требований и правил эксплуатации производственного оборудования, приводящие к концентрированным воздействиям агрессивных сред на строительные конструкции, неудовлетворительные решение и состояние систем вентиляции, аэрации и канализации, не обеспечивающие своевременное и надлежащее улавливание и удаление из помещений цехов и от сооружений агрессивных производственных отходов;
- б) применение в конструкциях недостаточно стойких против коррозии материалов, а также использование противокоррозион-

- ных покрытий, не отвечающих степени агрессивности сред;
- в) повреждение и несвоевременное восстановление лакокрасочных покрытий и других видов защиты строительных конструкций, а также отсутствие систематического наблюдения за состоянием покрытий.

Коррозионный износ происходит неравномерно, а в зависимости от вида материалов, назначения конструкций и воздействующих факторов. Большое разнообразие климатических условий эксплуатации зданий и сооружений в сочетании с разнообразным воздействием внутренних факторов усложняют определение коррозионного износа и периодичность ремонта.

От решения этих задач значительно зависит долговечность зданий и сооружений в целом. Следовательно, выбор варианта технологического и организационного решения задачи обуславливается экономическими факторами и представляет собой предмет экономического исследования. Конечная цель экономической эксплуатации строительных конструкций – максимальное увеличение их долговечности при минимальных затратах на обслуживание, капитальные и текущие ремонты – представляют экстремальную задачу. При этом в ходе принятия решения нужно переработать огромное количество информации, учитывать большое количество факторов, сравнивать множество вариантов и т.д., что невозможно сделать без применения ЭВМ. Применение ЭВМ способствует повышению качества проектных разработок.

Обследование строительных конструкций

Изучение действительного состояния строительных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, призвано для предотвращения аварий и катастроф. Целями обследования строительных конструкций являются:

- а) проверка их состояния и несущей способности;
- б) выявление причин, вызывающих их повреждение и деформации;
- в) выявление возможности их дальнейшей эксплуатации;

- г) выявление объемов восстановительных работ;
- д) выявление возможности увеличения эксплуатационных нагрузок и т.д.

Эти задачи решаются на основе комплексного исследования условий эксплуатации и разработки средств и методов противокоррозионной защиты строительных конструкций, которое включает получение общих данных о технологии производства и конструктивном решении, натурные обследования состояния строительных конструкций, изучение характера распространенных разрушений и влияния технологических факторов на их долговечность, изучение температурно-влажностного режима, загазованности, запыленности воздуха и состава продуктов коррозии и пыли, определение кинетики коррозионного процесса конструкций, лабораторные и натурные исследования по подготовке поверхности под окраску и защитных покрытий, изготовленных из доступных и дешевых материалов.

В данной работе приводятся результаты научных исследований строительных конструкций промышленных зданий объектов: ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» (г.Губкин) и ОАО «Нижекамскнефтехим» (г.Нижекамск). На объектах указанных предприятий исследованию подвержены элементы конструкций покрытия, рабочих площадок, подкрановых балок, колонн, градирен и других конструкций, изготовленные из стали и железобетона.

Корпус обогащения Лебединского горно-обогатительного комбината (ЛГОК)

Строительство корпуса обогащения выполнено в три очереди: первая очередь (в осях «1-65») введена в эксплуатацию в 1972 году, вторая очередь (в осях «65-127») – в 1977 году. Третья очередь (в осях «127-168») – в 1982 году. В настоящее время корпуса обогащения представляет собой многопролетное здание размерами в плане 100×1000 м, оснащенное мостовыми кранами грузоподъемностью до 320 т. Несущие металлические конструкции выполнены в виде рамной системы с шагом рам 6 м.

Технология обогащения железистых кварцитов предусматривает трехстадийную обра-

ботку: измельчение, магнитное обогащение и обезвоживание концентрата. Хвосты магнитной сепарации и сливы дешламаторов самоотком поступают в гидроциклоны или непосредственно в радиальные сгустители. Продукт сгущения и пески гидроциклонов перекачиваются в хвостохранилище насосами; а их сливы – осветленная вода с содержанием твердого вещества до 50 мг в 1 литре – насосами возвращаются в технологический процесс. Применяемая технология обогащения железистых кварцитов характеризуется большим расходом технической воды. Неизбежные проливы, интенсивный смыв полов вызывает, во-первых, повышение влажности воздуха в корпусе, во-вторых, увлажнение строительных конструкций. Натурные обследования состояния строительных металлоконструкций показали, что более сильному коррозионному износу подвержены металлические колонны и балки перекрытия подвальной части корпуса, которые регулярно увлажняются технической водой.

Изучение температурно-влажностного и газового режимов показало, что относительная влажность воздуха в зимний период составляет 60÷70%, в летний период – 65÷75%; температура воздуха в зимний период составляет 5÷15°C, в летний период – 20÷30°C; агрессивные газы по СНиП 2.03.11-85 относятся к группе «А». Таким образом, воздушная среда для строительных металлоконструкций является неагрессивной.

Для изучения кинетики коррозионного процесса строительных металлоконструкций были установлены шлифованные металлические образцы без защитных покрытий и с различными видами лакокрасочных покрытий. После 70-суточной экспозиции проведен первый съем металлических образцов без защитных покрытий. Обработка данных показала, что потери массы образца на 1 м² поверхности составляет от 0 до 100 г. Несмотря на то, что во всех экспериментальных точках воздушная среда примерно одинакова, имеется большой разброс данных потери массы образцов. Это объясняется воздействием в одних случаях неагрессивной воздушной среды производства (коррозионные потери практически отсутствуют), в других – агрессивным воздействием технической воды (интенсив-

ный коррозионный износ). Техническая вода, содержащая твердые частицы пыли и железистого кварцита, а также растворенные коррозионно-активные примеси, постоянно или периодически увлажняя поверхность металла, вызывает интенсивное коррозионное разрушение.

Для изучения механизма коррозии металлоконструкций в условиях производства ЛГОКа произведен отбор продуктов коррозии и пыли. На коррозионное разрушение металлоконструкций большое влияние оказывает пыль, скапливающаяся на их поверхности (влажность пыли 25,5÷26,4%, ее растворимость 12÷19 мг/л). Результаты анализа водных вытяжек показали, что в пыли присутствуют соединения типа кристаллогидратов, а также солей, способных связываться с водой. Наличие этих соединений на корродирующей поверхности вызывает конденсацию влаги при влажности гораздо более низкой, чем 100%, и способствует коррозионному процессу. В пыли содержатся также растворимые примеси – хлориды, сульфаты, превращающие чистый конденсат в раствор сильных электролитов и тем самым значительно повышающие скорость коррозии.

Металлоконструкции корпуса обогащения покрыты рыхлым слоем продуктов коррозии, способствующим капиллярной конденсации влаги и ускорению процесса коррозии. Для изучения химического состава продуктов коррозии, механизма и степени влияния на кинетику коррозионного процесса проведены их рентгеноструктурный и термографический анализы. С целью изучения возможности применения модификаторов ржавчины для подготовки поверхности под окраску этими же методами исследован химический состав продуктов коррозии, преобразованных различными модификаторами.

Изучена возможность применения ингибиторов коррозии для понижения коррозионной активности технической воды. Наиболее дешевым и доступным ингибитором является бикарбонат кальция, присутствующий в большинстве природных вод и способствующий отложению карбонатных пленок. В условиях периодического воздействия воды на металлоконструкции невозможно образование сплошной постоянной карбонатной плен-

ки, следовательно, защита карбонатной пленкой исключается. Таким образом, необходимо применение других ингибиторов, снижающих агрессивность воды в период воздействия на металлоконструкции: фосфатов, силикатов, нитритов, хроматов и др. Концентрация ингибиторов определяется температурой воды, ее pH, содержанием агрессивных ионов и другими факторами. Например, для фосфатов защитная концентрация колеблется от $7 \div 10$ до 100 г/м^3 в пересчете на P_2O_5 , для силикатов – от $0,04$ до $0,4 \text{ г/м}^3$.

Для выбора оптимальной защитной концентрации ингибиторов необходимо тщательное изучение как агрессивных компонентов, содержащихся в технической воде, так и влияния ингибиторов на технологический процесс.

Таким образом, проведение научно-исследовательских работ по комплексному плану позволило определить мероприятия по уменьшению агрессивного воздействия технической воды, обоснованно выбрать способы подготовки поверхности и систему защитных покрытий.

Градири СК-1200

**ОАО «Нижнекамскнефтехим»
(г.Нижнекамск)**

Приведены результаты обследования коррозионного износа строительных конструкций крупногабаритных градирен СК-1200, широко используемых в нефтехимической промышленности. Даны результаты расчета напряженно-деформированного состояния металлических конструкций с учетом коррозионного износа. Выполнено сравнение расчетных данных действительного состояния с результатами прогнозирования коррозионного износа металлических конструкций. Разработаны рекомендации по противокоррозионной защите строительных конструкций.

Градири СК-1200 представляют собой смешанную конструкцию из монолитного железобетона и металлических конструкций. Наклонные стойки и цилиндрическая часть градирни выполнены из монолитного железобетона. Металлические конструкции конфузора, горловины и диффузора состоят из фрагментов последовательно соединенных конической, тороидальной, цилиндрической и

конической подкрепленных оболочек. Панели, сваренные из стальных прокатных листов толщиной 4 мм, соединяются между собой фланцами на болтах. В качестве ребер жесткости, подкрепляющих элементов и элементов шпангоутов используются стандартные швеллеры и уголки, а также прокатные листы. В зонах стыка конфузора и горловины (уровень 21.100 м) и в верхней части диффузора (уровень 32.000 м) имеются формообразующие шпангоуты ферменной конструкции. Кроме того, зона нижнего шпангоута (уровень 21.000 м) изнутри 8 стяжками крепится к оболочке шахты вентилятора. Шпангоуты опираются системой растяжек на продольные подкрепляющие элементы корпуса градирни.

В градирне имеются технологические окна различных размеров, а также площадки и лестничная система для обслуживания. В этих зонах установлены подкрепляющие элементы, которые усиливают конструкцию.

С целью выявления действительного состояния строительных конструкций крупногабаритных градирен, их элементов, а также для исследования характерных закономерностей коррозионных повреждений были проведены их натурные обследования.

Натурные обследования показали, что строительные конструкции градирни подвержены воздействию агрессивной общезаводской среды как снаружи, так и изнутри.

Анализ температурно-влажностного и газового режимов, изучение технологии производства позволили условно разделить строительные конструкции градирни по эксплуатационным условиям на две зоны:

- 1) элементы и части конструкций, эксплуатирующиеся в общезаводской атмосфере;
- 2) элементы и части конструкций, эксплуатирующиеся в условиях непосредственного воздействия агрессивной технологической воды оборотной системы водоснабжения.

К первой зоне относятся наружные элементы металлической и железобетонной частей градирни, металлические конструкции ферм и лестниц. Загрязненность атмосферы технологическими выделениями усиливают коррозионную активность осадков. Пылевидные частицы – хлористый натрий, зола и другие соединения – также активизируют коррозию. Хлористый натрий, попадая в бетон, вы-

зывает коррозию арматуры и закладных деталей. Согласно СНиП 2.03.11-85 агрессивные газы общезаводской атмосферы относятся к группе «А», а характеристика твердых сред (солей, аэрозолей и пыли) относится к «хорошо растворимой, малогигроскопичной». Влажностный режим эксплуатации конструкций – нормальный. Таким образом, для строительных металлических конструкций общезаводская атмосфера по степени агрессивного воздействия является среднеагрессивной, для железобетонных конструкций – слабоагрессивной, а для бетонных конструкций – неагрессивной.

Железобетонные наклонные стойки и внутренняя сторона градирни относятся ко второй зоне. В этой зоне относительная влажность воздуха достигает 100%. Технологическая вода имеет водородный показатель $pH = 6 - 8$, суммарная концентрация сульфатов и хлоридов составляет 0,35 г/л. Степень агрессивного воздействия оборотной воды на металлические конструкции – среднеагрессивная, а для железобетонных и бетонных конструкций – слабоагрессивная. При периодическом смачивании поверхности конструкций степень агрессивного воздействия среды на одну ступень выше.

Железобетонные конструкции имеют различную степень физического износа. Наиболее интенсивному коррозионному износу подвержены наклонные стойки (многие из них находятся в аварийном состоянии) и нижняя часть железобетонной цилиндрической оболочки. По степени физического износа наклонные стойки градирни разделены на четыре группы:

I – износ до 20%: на поверхности защитного слоя бетона могут быть мелкие трещины и другие незначительные дефекты, местами повреждена гидроизоляция; стойка находится в хорошем или удовлетворительном состоянии;

II – износ до 40%: на поверхности защитного слоя бетона могут быть трещины длиной до 1,5 м и шириной до 5 мм, повреждена гидроизоляция; стойка находится в удовлетворительном состоянии;

III – износ до 60%: на поверхности защитного слоя бетона трещины длиной до 2,5 м и шириной до 3 см, местами есть износ защитного слоя арматуры, идет коррозионный из-

нос оголенных участков арматуры; стойка находится в неудовлетворительном состоянии;

IV – износ до 80%: износ бетона, местами арматура полностью оголена и идет коррозионный износ; стойка находится в аварийном состоянии.

Проведено испытание прочности бетона наклонных стоек градирен с использованием эталонного молотка Кашкарова в соответствии с ГОСТ 22690-88. Испытания прочности проводились на ровных без пор и раковин участках, очищенных от гидроизоляции.

Железобетонные конструкции градирни выполнены из бетона марки 300 (водонепроницаемость – В-8, морозостойкость – Мрз-300). Бетон приготовлен на сульфатостойком портландцементе. Результаты испытания прочности бетона показали, что защитный слой бетона некоторых наклонных стоек имеет прочность ниже проектного значения.

Металлическая часть градирни имеет, также как и железобетонная часть, различную степень коррозионного износа. Лакокрасочное покрытие по всей поверхности металлических конструкций пришло в негодность, происходит активный коррозионный износ элементов конструкции. Наиболее интенсивному коррозионному износу подвержены металлические конструкции горловины в местах соединения панелей, в узких зазорах между элементами панелей и над ребрами жесткости.

Многие панели вследствие интенсивного коррозионного износа превратились в «решето» - имеется большое количество отверстий. Такая картина наблюдается в зоне горловины, в зоне конфузора и в нижней части диффузора. В местах соединения панелей между собой и по всему периметру в зоне крепления панелей к железобетонной части градирни имеется значительный коррозионный износ.

Для ряда точек проведены замеры толщины обечайки и ряда подкрепляющих элементов панелей. В результате интенсивного коррозионного износа толщина обечайки значительно уменьшилась. Так, в зоне горловины толщина уменьшилась до 2 мм. Подкрепляющие элементы имеют износ в среднем 30%, поскольку они расположены снаружи градирни.

Выводы

1. Строительные конструкции зданий и сооружений, эксплуатируемые в агрессивных средах, подвержены коррозионному износу, не учет которого может привести к авариям и катастрофам.

2. Для определения объемов и сроков ремонтных работ необходимо регулярно прово-

дить научно-исследовательские работы по обследованию строительных конструкций.

3. Защита от коррозии основных фондов должна стать одним из важнейших направлений в области ресурсосбережения для промышленных предприятий.

Библиографический список

1. Якупов Н.М., Гатауллин И.Н., Хисматуллин Р.Н. Обследование, анализ, прогнозирование долговечности строительных конструкций и рекомендации по их восстановлению. Методическое руководство. – Казань: ИММ РАН, 1996. – 208 с.
2. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.



ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗА СЧЕТ ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА

УДК 69.059.64

Александрин
Александр Вячеславович

Аспирант, ассистент кафедры «Технология, организация и управление в строительстве»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Сорокин
Максим Олегович

Аспирант кафедры «Испытание сооружений»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ современного состояния сферы отходов строительства и сноса, выявлены основные источники их образования, сформулированы и обоснованы приоритетные задачи рационального обращения отходов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Отходы строительства и сноса, Окружающая среда, Управление, Вторичные ресурсы, Снос, Реконструкция

В последние годы организация упорядоченного обращения строительных отходов превратилась в одну из важнейших природоохранных и ресурсосберегающих проблем России. На сегодняшний день нет четкой системы сбора, захоронения, вторичного использования и переработки отходов строительного производства. По своей злободневности эта проблема стоит в одном ряду с задачами охраны гидросферы и атмосферы от загрязнения, вопросами сохранения биологических и земельных ресурсов. Острота проблемы во многом определяется тем, что в окружающей нас природной среде постоянно накапливаются слаборазлагающиеся отходы. Это вызывает необходимость постоянного отвода все новых земельных участков под места захоронения, а также требует рекультивации загрязненных площадей на законсервированных полигонах и свалках.

Негативное воздействие на население и окружающую природную среду проявляется не только в зависимости от количественных характеристик отходов (объема образования), но и от их качественных параметров (степени или класса опасности).

На сегодняшний день все отходы подразделяются на категории в зависимости от мно-

гих факторов. Если не рассматривать детально химические свойства, состав и технологические особенности отходов, то можно классифицировать их по следующим критериям: происхождение, агрегатное состояние и степень опасности. По происхождению выделяют отходы производства и потребления; по агрегатному состоянию отходы подразделяются на твердые, жидкие и газообразные; по степени опасности согласно нормативной базе [1] выделяют пять классов:

I класс – чрезвычайно опасные (экологическая система необратимо нарушена, период восстановления отсутствует);

II класс – высоко опасные (экологическая система сильно нарушена, период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия);

III класс – умеренно опасные (экологическая система нарушена, период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника);

IV класс – малоопасные (экологическая система нарушена, период самовосстановления не менее трех лет);

V класс – практически неопасные (экологическая система практически не нарушена).

На территории Российской Федерации действует Федеральный классификатор отходов. В этом документе каждому типу отходов согласно источнику его образования присваиваются идентификационный номер и класс опасности.

Как правило, существует несколько основных причин разборки и сноса зданий. Одной из них является необходимость избавиться от существующих сооружений на участке, на котором запланировано возведение новых построек. Эта причина наиболее характерна для развивающихся городов, которые расширяются за счет прилегающих территорий со сформировавшейся застройкой, не соответствующей новым генеральным планам развития городской агломерации. Также это актуально для городов, где вместо низкоэтажных жилых домов и построек гораздо выгодней возвести высотные здания, что позволяет экономически более эффективно эксплуатировать ограниченные земельные ресурсы.

Следующей причиной сноса может стать ветхость строений. Согласно статистическим данным, срок эксплуатации зданий и сооружений в среднем составляет 70 лет, в жилищном строительстве этот срок увеличивается до 80-100 лет. Большие объемы строительных отходов образуются при ликвидации последствий различных чрезвычайных ситуаций, природных и техногенных катастроф, когда оказываются разрушенными целые города. Ежегодно определенное количество отходов образуется при ремонтах квартир и небольших локальных строительных работах населения. Несмотря на незначительный объем, эта группа отходов не всегда добросовестно утилизируется, а, как правило, выбрасывается в близлежащих лесах, полях и водоемах, нанося тем самым серьезный урон окружающей среде.

Развитие строительной отрасли происходит очень бурно. Даже несмотря на мировые финансовые кризисы, людям в любое время необходимы жильё, промышленные и культурные здания. С каждым годом растет население крупных городов, что заставляет увеличивать объемы строительства жилья. Неудивительно, что на сегодняшний день для развивающихся городов вывоз, переработка и утилизация строительных отходов становятся одними из самых насущных проблем. Осо-

бенно непросто решить эту проблему в г. Москве, так как ежегодно в городе образуются миллионы тонн мусора и отходов, которые требуют переработки и вывоза.

Согласно докладу «О состоянии окружающей среды в г. Москве в 2011 году», в столице в связи с увеличением количества отходов строительного производства и загрязненных строительных грунтов образовалось на 7,2 млн т больше отходов производства и потребления, чем в 2010 году. Объем отходов строительства и сноса в 2011 году составил около 2,45 млн т, что на 11% больше аналогичного показателя за 2010 год. В результате проведения земляных работ в г. Москве в 2011 году объем загрязненных строительных грунтов увеличился на 7 млн т по сравнению с 2010 годом и составил 10-15 млн т [2].

Для создания эффективного механизма управления отходами строительного производства необходима адекватная статистическая информация, отражающая все стадии этого процесса. Однако фактическая ситуация в этой области не соответствует важности и значимости существующей проблемы, так как на сегодняшний день крайне затруднительно получить актуальные сведения об обращении отходов строительства и сноса.

Создание механизма рационального использования строительных отходов позволит укрепить экономическую базу и обеспечить экологическую безопасность регионов. Мероприятия по переработке и утилизации отходов строительного производства должны быть обоснованы не только с позиции охраны природной среды, но и проанализированы с позиций получения экономической выгоды, так как сегодня отходы являются ценным вторичным сырьем, широко использовать которое позволяет современный прогресс науки и техники.

Эффективное применение отходов производства позволяет решать множество экономических и экологических проблем, в том числе расширять сырьевую базу отрасли, увеличивать объемы строительства, снижать себестоимость строительной продукции и предотвращать загрязнение окружающей среды. В некоторых странах высока роль государства в процессе стимулирования ответственного отношения строительных фирм к обращению

с отходами. Например, введение в Дании налога на захоронение и сжигание строительных материалов привело к значительному увеличению уровня переработки строительных отходов. Одновременно с введением налога были созданы эффективная система технологических решений, материальная и организационная инфраструктуры, инструменты управления и т.д. Все это позволило обеспечить эффективный контроль над основными потоками отходов и высокий уровень переработки большей части строительных отходов. Около 90% таких отходов составляют обломки бетона, кирпичей и асфальта. Основная их часть перерабатывается в новые строительные материалы, в частности, в различные наполнители, а также используется в качестве основы при строительстве дорог и открытых площадок. Главным доводом в пользу вторичной переработки строительных отходов в Дании стала значительная стоимость их захоронения, в то время, как стоимость вторичной переработки (особенно, бетона, кирпичей и асфальта) стала возможной при очень низких расходах [3].

В России для создания научно-практических разработок по рациональному применению отходов строительства и сноса

необходима разработка специальной программы по эффективному использованию отходов строительного производства. Программа должна быть ориентирована на каждую из целевых групп: жителей, проживающих в многоквартирных домах и в частном секторе; предприятий, в процессе функционирования которых образуются строительные отходы; муниципальные, областные и федеральные учреждения. В рамках программы необходимо создать четкую систему мотивации ее участников с целью максимального использования отходов строительного производства в качестве вторичного сырья.

Ситуация с отходами, сложившаяся в последние годы на территории Российской Федерации, несет в себе реальную угрозу естественным процессам развития окружающей среды и здоровью населения. Согласно статье 42 Конституции РФ «...каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением» [4]. Это означает, что для соблюдения прав и свобод граждан необходимо уделить повышенное внимание вопросам обращения с отходами.

Библиографический список

1. Приказ Министерства природных ресурсов РФ №511 от 15.06.2001 г. «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» // Природно-ресурсные ведомости. – 2001. – № 45.
2. Доклад Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы и подведомственных организаций «О состоянии окружающей среды в Москве в 2011 году» // Официальный сайт государственного природоохранного бюджетного учреждения «Мосэкомониторинг». Режим доступа: <http://www.mosecom.ru/reports/2011/report2011.pdf> (дата обращения: 13.09.2012).
3. Алексанин А.В., Сборщиков С.Б. Повышение конкурентоспособности предприятий строительной отрасли за счет интеграции 3 R-концепции управления отходами строительного производства и логистических методов // Вестник МГСУ. – 2011. – №8. – С. 419-422.
4. Конституция Российской Федерации. Официальное издание. – М.: Юрид. лит., 2009. – 64 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ CALS ТЕХНОЛОГИИ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 69.009.1

Сорокин
Максим Олегович

Алексанин
Александр Вячеславович

Аспирант кафедры «Испытание сооружений»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
строительный университет»

Аспирант, ассистент кафедры «Технология, организация
и управление в строительстве»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
строительный университет»

АННОТАЦИЯ

Безопасность эксплуатируемых строительных объектов остается актуальной задачей строительной индустрии. Эксплуатация является самым продолжительным этапом жизненного цикла строительного объекта. Кроме того, с течением времени сооружения подвержены влиянию окружающей среды и особенностей условий эксплуатации. Такие факторы могут стать причиной преждевременных отказов конструкций и как следствие аварий и обрушений. В таких условиях значительную важность имеют процессы контроля технического состояния. Однако, эти процессы имеют слабую информационную поддержку и автоматизацию: результаты исследований представляются лишь в технических отчетах и заключениях. В статье представлен подход к автоматизации процессов контроля технического состояния эксплуатируемых объектов, основанный на принципах CALS технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

*Строительные объекты,
Снижение аварийности,
Безопасная эксплуатация,
Информационные технологии,
CALS технология,
Автоматизация*

Обеспечение конструкционной безопасности эксплуатируемых строительных объектов является актуальной задачей. Несмотря на высокую технологичность современного строительства, аварии сооружений на различных стадиях жизненного цикла, к сожалению, имеют место. По материалам [1] за последнее десятилетие (2001-2010 гг.) аварии и разрушения охватили весь спектр объектов строительства: это жилые и общественные здания, промышленные сооружения и постройки, а также иные значимые объекты (мосты, надземные переходы и др.). Важно отметить, что при этом характерны не только экономические потери: аварии часто связаны с человеческими жертвами. Другим видом неэкономических потерь является утрата памятников истории и культурного наследия.

Одной из актуальных тенденций в решении задачи снижения аварийности эксплуатируемых строительных объектов является применение современных информационных технологий. Примечательно, что одна из первых попыток применения информационных технологий к проблеме снижения аварийности была предпринята в 1962 году доктором технических наук Х. Генером [2]. Под его руководством в немецком институте по бетону и железобетону была применена система обработки 400 случаев повреждений различных строительных конструкций. Примечательно, что техническая база, существующая на тот момент, была основана на аналоговой схемотехнике, а для внесения данных и пакетного ввода использовались перфокарты. На современном этапе развития информационных

технологий и средств производства широкое распространение получила CALS технология (Continuous Acquisition and Life Cycle Support), упоминаемая так же в русскоязычных источниках как ИПИ (информационная поддержка изделия) или КСПИ (компьютерное сопровождение процессов жизненного цикла изделий). Стоит отметить, что CALS/ИПИ не предлагает реализации частных задач с помощью конкретного набора программного обеспечения. Напротив, предлагается методологический подход, общая концепция использования комплекса различных систем. Основные идеи технологии CALS/ИПИ, согласно [3], следующие:

1. Создание единого информационного пространства.
2. Повышение эффективности процессов жизненного цикла изделия.
3. Повышение эффективности взаимодействия между участниками жизненного цикла изделия.
4. Снижение временных и материальных издержек.
5. Повышение степени удовлетворения потребностей заказчика.
6. Преодоление информационного хаоса и коммуникационных барьеров.
7. Повышение конкурентоспособности промышленного изделия.

Ключевым технологическим решением является реализация единого информационного пространства. Информация со всех этапов жизненного цикла доступна в рамках единой среды, что позволяет реализовать безбумажную технологию обработки данных. На каждом этапе жизненного цикла промышленное изделие характеризуется определенным набором информации, определяемой содержанием решаемых задач и выполняемых процессов. Совокупность такой информации представляет собой **частную информационную модель**. Охватывая весь жизненный цикл, реализация CALS/ИПИ технологии представляет собой совокупность таких моделей, составляющих **единую информационную модель**.

В России приказом №79 от 27.01.2004 г. в целях организации работ по стандартизации в области информационной поддержки изделий создан технический комитет «Информационная поддержка жизненного цикла изделий».

Функционирует НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» [5], осуществляющий, помимо практической деятельности в области внедрения CALS технологий, деятельность по сертификации CALS технологий в нашей стране.

На федеральном уровне стоит отметить проведение работ по организации системы каталогизации продукции для федеральных государственных нужд. Каталогизация – один из первых шагов по внедрению CALS технологий в промышленности. По данным [5] к концу XX века отсутствовала действующая система каталогизации в нашей стране: «..состояние дел характеризовалось отсутствием сопоставимых количественных данных даже о примерной номенклатуре предметов снабжения...». Началом активных работ по развитию каталогизации можно считать утверждение Постановления Правительства «О создании и введении в действие федерального каталога продукции для федеральных и государственных нужд» [6]. Базовые принципы и организационно-технические вопросы осуществления каталогизации рассмотрены в ГОСТ Р 51725.0-2001.

С точки зрения применения CALS технологий к вопросам обеспечения безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений, представляет интерес исследование А.Н. Столярова [8]. Одним из важных результатов данной работы является создание базы данных решений по усилению конструкций. Такая база данных, интегрированная в информационные процессы по экспертизе и обследованию технического состояния зданий и сооружений, со временем позволит оценить эффективность конкретных методов и мероприятий по усилению конструкций. Наличие такой базы так же позволит копировать наиболее успешные решения на широком круге объектов, что так же является положительным фактором для обеспечения безопасности. Кроме того, значительные результаты по повышению эффективности инженерных исследований реконструируемых объектов получены А.В. Коргиным [9]. В работе [9] предложена методика автоматизации инженерных исследований реконструируемых сооружений. В рамках методики основной акцент сделан на использовании современного циф-

рового измерительного и геодезического оборудования, позволяющего автоматизировать стадию камеральной обработки измеренных значений. Кроме того, благодаря использованию современных средств передачи данных и внедрению безбумажного взаимодействия между исполнителями работ достигается общее повышение эффективности. Однако, с точки зрения реализации CALS технологии в целом для строительных объектов, данные технологии автоматизируют лишь отдельные процессы, реализуя информационную поддержку в контексте этих процессов. Разумеется, данные о объекте, собранные в рамках автоматизированных процессов, могут быть использованы в дальнейшем. Однако общая тенденция такова, что для эксплуатируемых зданий на стадии эксплуатации отсутствуют информационные системы, позволяющие вести учет технического состояния в привязке ко времени. Вследствие этого первоначальный этап (сбор сведений о объекте и его состоянии) является одним из самых продолжительных в приведенных выше методиках. Таким образом, для обеспечения возможности внедрения CALS технологии для строительных объектов необходимо наличие системы, обеспечивающей отражение изменения техниче-

ского состояния объекта в целом и параметров конструкций, систем и оборудования с течением времени.

Реализация такой системы возможна на основе принципов CALS/ИПИ технологий. Представляется целесообразной разработка частной информационной модели эксплуатируемого строительного объекта. Такая модель позволит иметь информационное представление строительного объекта в привязке к числовым параметрам, полученным в результате процессов контроля технического состояния. Благодаря интеграции с единым информационным пространством, такая информация становится легко доступной в рамках информационной среды, что несомненно повышает эффективность и достоверность в долгосрочной перспективе и открывает возможности прогнозирования технического состояния.

В рамках разработки информационной системы учета параметров безопасности строительных объектов реализованы классы информационных сущностей, которые могут стать основой при формировании описанной выше частной информационной модели. На рис. 1 представлена диаграмма классов, описывающих конструктивную характеристику строительного объекта.

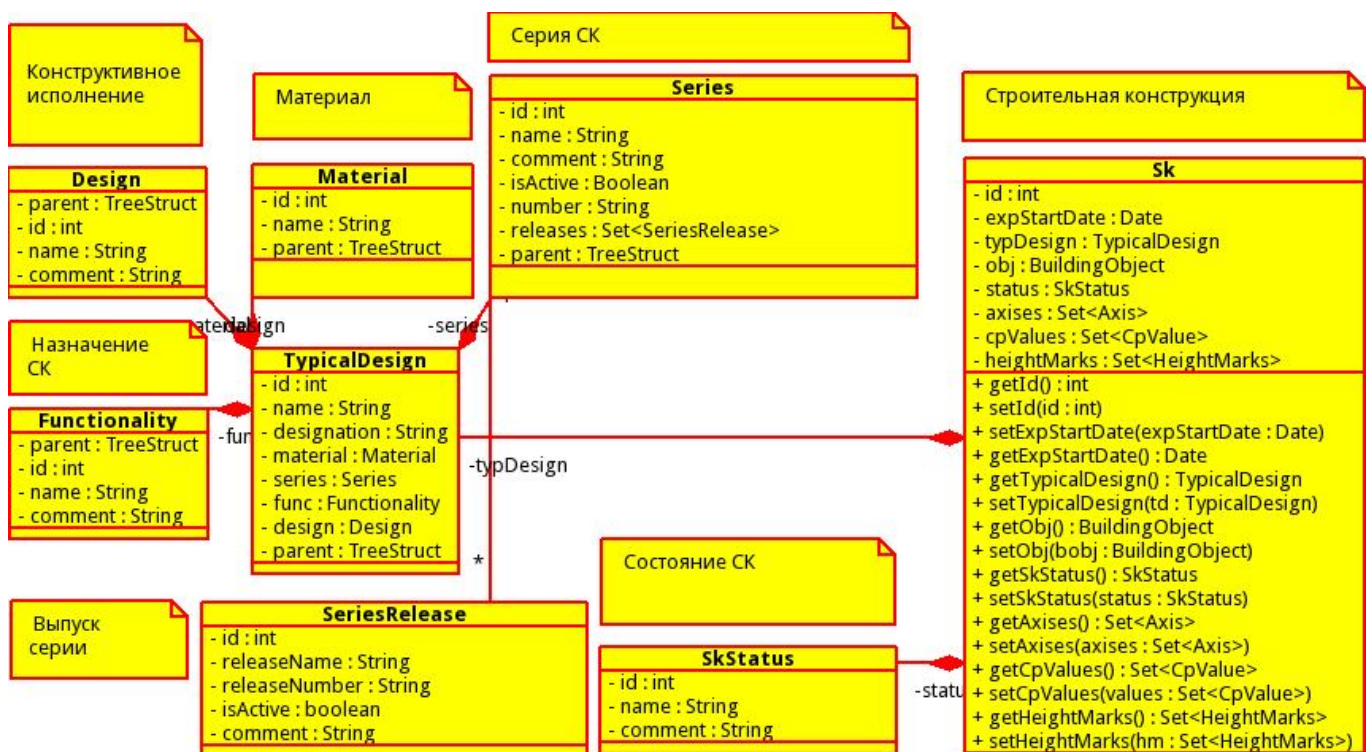


Рис. 1. Диаграмма классов на языке UML, отражающая модель строительной конструкции

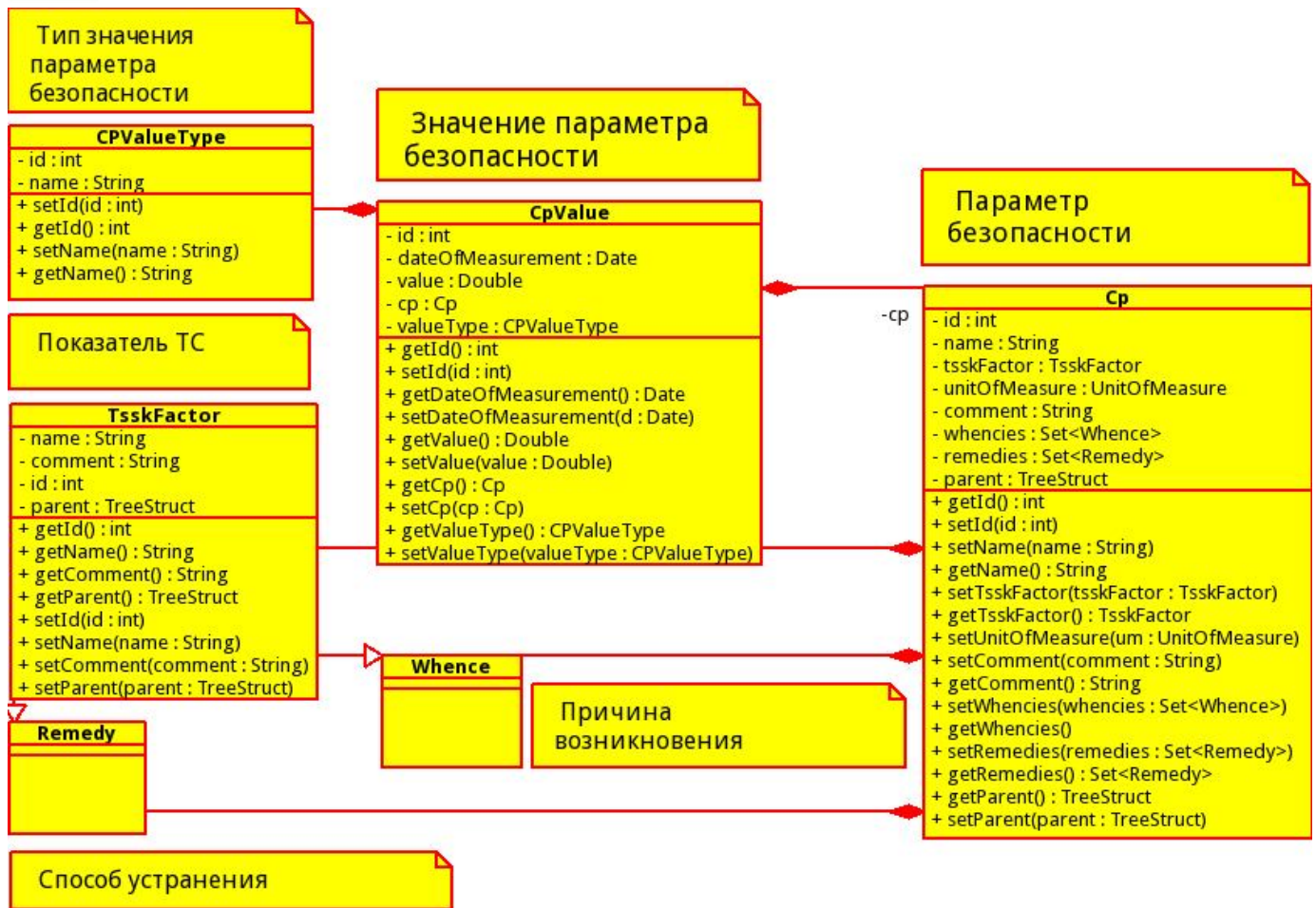


Рис. 2. Диаграмма классов на языке UML, отражающая модель параметра безопасности строительной конструкции

Реализация представленной модели с помощью объектно-ориентированной технологии разработки не составляет труда. Однако стоит отметить, что на диаграмме не представлен сам строительный объект. Предполагается реализация такой сущности с учетом специфики различных сооружений. Так, например, объект «промышленное большепролетное здание» будет отличаться от объекта «высотная труба». Предполагается разработка таких моделей индивидуально, однако общим для всех является конструктивная характеристика: сущность строительного объекта будет иметь связь «один ко многим» с сущностями, представляющими его конструкции.

В то же время по существу, только лишь конструктивная характеристика строительного объекта является статичной информацией. Изменения возможны лишь при реконструкции и ремонтах строительного объекта, и они, как правило, редки и незначительны.

Наиболее важной является информация о значениях параметров безопасности. Под **параметром безопасности** понимается значение количественного или качественного параметра конструкций, изменение которого может повлиять на обеспечение конструкционной безопасности строительного объекта. Структура сущностей, реализующих описание параметров безопасности, их значений и связи со строительным объектом, представлены на рис. 2.

Предлагаемые сущности могут стать основой частной информационной модели при реализации принципа CALS технологий для строительных объектов на этапе эксплуатации. Предложенная модель представляет собой частную информационную модель строительного объекта с точки зрения его конструктивного решения, материалов и параметров безопасности. Рассмотренные проектные решения отражают лишь информационные сущности сис-

темы. Рассмотрение детальной архитектуры системы ввиду громоздкости выходит за рамки статьи. Однако представленные решения могут быть использованы и самостоятельно, в качестве проектного решения по расширению функциональности существующих систем. Использование конечной системы позволит

повысить безопасность эксплуатации путем своевременного оповещения о опасных отклонениях. Кроме того, значительный интерес представляют перспективные возможности интеграции с расчетными МКЭ системами и системами автоматизированного получения значений параметров безопасности.

Библиографический список

1. Реестр аварий зданий и сооружений 2001-2010 годов / К.И. Ерёмин, Н.А. Махутов, Г.А. Павлова, Н.А. Шишкина. – М.: Магнитогорский дом печати, 2011. – 320 с.
2. Шишкин А.А. Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций. – М.: Издательство литературы по строительству. – 290 с.
3. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ / А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров. – М.: Издательский центр «Академия». – 303 с.
4. Государственный комитет по стандартизации и метрологии. Приказ №79 от 27.01.2004 г. «О создании технического комитета по стандартизации «Информационная поддержка жизненного цикла изделий».
5. НИЦ CALS Технологий // Электронный ресурс [Режим доступа] <http://www.cals.ru>
6. Постановление правительства РФ №436 от 02.06.2001 г. «О создании и введения в действие федерального каталога продукции для федеральных государственных нужд».
7. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51725.0-2001 «Каталогизация продукции для федеральных государственных нужд. Комплекс нормативных документов по стандартизации. Основные положения».
8. Столяров А.Р. Информационная система экспертизы технического состояния зданий и сооружений: Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2004. – 166 с.
9. Коргин А.В. Научно-методологические основы и информационная технология автоматизации инженерных исследований при реконструкции сооружений. – М.: МГСУ, 2005. – 329 с.



АВТОРЫ НОМЕРА

Акимов Валерий Александрович

Начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» (ФЦ), г.Москва, профессор, доктор технических наук

Александрин Александр Вячеславович

Аспирант, ассистент кафедры «Технология, организация и управление в строительстве» ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г.Москва

Байбурин Денис Альбертович

Аспирант кафедры «Строительная механика» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г.Челябинск, магистр техники и технологии по направлению «Строительство»

Бандурин Михаил Александрович

Доцент кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия», г.Новочеркасск, кандидат технических наук, доцент

Бикташев Мухтар Давлетович

Инженер-геодезист, г.Москва

Волосухин Виктор Алексеевич

Заведующий кафедрой «Строительная механика» ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия», г.Новочеркасск, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ

Гатауллин Ильдар Нуруллович

г.Казань, кандидат технических наук, доцент

Гера Василий Иосифович

Доцент кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники» ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия им.А.Ф. Можайского», г.Санкт-Петербург, кандидат технических наук

Иванов Андрей Евгеньевич

Директор ООО «Проектстройэкспертиза», г.Челябинск

Котляревский Владимир Абрамович

Главный научный сотрудник Научно-образовательного центра исследования экстремальных ситуаций ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им.Н.Э. Баумана», г.Москва, профессор, доктор технических наук

Кришан Анатолий Леонидович

Профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова», г.Магнитогорск, доктор технических наук

Марченко Михаил Андреевич

Старший преподаватель кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники» ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия им.А.Ф. Можайского», г.Санкт-Петербург, кандидат технических наук

Мельчаков Анатолий Петрович

Профессор кафедры «Строительная механика» ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г.Челябинск, доктор технических наук, советник РААСН

Нахтигаль Евгений

Член-корреспондент ВАНКБ, Университет г.Вупперталь, Германия

Прошляков Михаил Юрьевич

Генеральный директор ООО НПО «Диагностика и анализ риска», г.Москва

Решетников Дмитрий Владимирович

Старший преподаватель кафедры «Организация эксплуатации и технического обеспечения вооружения военной и специальной техники» ФГОУ ВПО «Военно-космическая академия им.А.Ф. Можайского», г.Санкт-Петербург, кандидат технических наук

Сорокин Максим Олегович

Аспирант кафедры «Испытание сооружений» ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», г.Москва

Главный редактор | Еремин К.И.
Редактор | Шишкина Н.А.
Оператор компьютерной верстки | Буторина Н.А.
Дизайнер | Куркина Т.О.
Подготовлено к изданию | 29.03.2013 г.

Выпуск | 1 (6)
Основан | 2011 г.
Издатели | АНО НИИ «Промбезопасность»
Регистрация | Св-во Эл №ФС77-45511 от 22.06.2011 г.
Адрес редакции | г.Магнитогорск, ул.Уральская, д.24
Интернет | www.наука-и-безопасность.рф
E-mail | redaktor@prom-b.com
Учредители | ООО «ВЕЛД»