



ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

монография
под редакцией К.И. Ерёмкина

Российская академия архитектуры и строительных наук
Московский государственный строительный университет
Российское общество по неразрушающему контролю
и технической диагностике
Научно-промышленный союз «Управление рисками, промышленная без-
опасность, контроль и мониторинг»
Общество с ограниченной ответственностью «ВЕЛД»

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Монография

**Под редакцией доктора технических наук,
профессора К.И. Ерёмкина**

Москва, 2014 г.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

УДК 69.059.22

Рецензенты:

Алехин Владимир Николаевич

Директор строительного института
УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
кандидат технических наук, профессор

Матвеев Владимир Георгиевич

Директор НОУ ДПО «Центр повышения квалификации строителей»,
доктор технических наук, профессор

Представленный в монографии «Предотвращение аварий зданий и сооружений» материал посвящен проблемам безаварийной эксплуатации зданий и сооружений.

Тематика монографии охватывает широкий круг актуальных вопросов по неразрушающему контролю, диагностике и мониторингу зданий и сооружений. Рассмотрены проблемы обеспечения безопасной эксплуатации, надежности, долговечности и работоспособности конструкций зданий и сооружений. Представлены результаты исследований по изучению действительной работы конструкций, оценке технического состояния и управлению рисками. Достаточно объемно отражены современные технологии и разработки в области строительства.

Не предназначено для продажи.

Технический редактор М.Б. Пермяков.

Предотвращение аварий зданий и сооружений: Монография / Коллектив авторов под ред. К.И. Еремина. – Магнитогорск, 2014. – 400 с.

УДК 69.059.22

© Коллектив авторов, 2014

© ООО «ВЕЛД», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ОТНОШЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ К ЭКСПЛУАТИРУЕМЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТАМ.....	7
Раздел I. ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ...	19
Анализ существующих методик расчета внецентренно сжатых трубобетонных колонн городских сооружений и зданий.....	19
Экспериментальные стенды «Конструктор», «Плита» и «Створ» научно-образовательного центра мониторинга МГСУ.....	24
Стратегическая реконструкция объектов типовой застройки в крупных городах.....	39
Конструкции предварительно обжатых трубобетонных колонн городских сооружений и зданий.....	43
Влияние качества шлифов на результаты замеров твердости металлоконструкций при натурном обследовании.....	50
Выявление полостей под бетонными плитами крепления откосов грунтовых гидротехнических сооружений с помощью тепловизионного обследования.....	55
Напряжённо-деформированное состояние узлов подкраново-подстропильных ферм.....	68
Закономерность повреждений подкраново-подстропильных ферм на стадии эксплуатации.....	79
Трещиностойкость подкраново-подстропильных ферм.....	92
Оценка напряженно-деформированного состояния металлоконструкций покрытия спорткомплекса при запроектных нагрузках.....	109
Возможности восстановления культовых зданий.....	125
Анализ повреждаемости транспортерных галерей.....	129
Методика и результаты обследования фундаментов турбоагрегатов мощностью 800 МВт.....	140

Раздел II. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	146
Мониторинг технического состояния уникальных зданий в условиях ЧС – важный элемент обеспечения их комплексной безопасности и антитеррористической защищенности.....	146
Методика сохранения и реставрации православных храмов на юго-востоке Украины.....	157
О возможности использования полимерцементных растворов в энергетическом строительстве.....	163
Автономные диагностические мониторы вибрации зданий и сооружений.....	166
Программно-технический комплекс мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов.....	175
Мониторинг параметров строительных объектов.....	185
Использование высокоточных GNSS-измерений и комплексного гео- физического мониторинга для диагностики деформаций высотных сооружений.....	189
Раздел III. ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС, АНАЛИЗ РИСКОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	197
Аварии и происшествия на строительных объектах – доколь?	197
Что такое наилучшие доступные технологии промышленной безопасности.....	208
Повышение долговечности строительных конструкций промышленных зданий и сооружений.....	216
Прогнозирование коррозионного износа металлических конструкций промышленных зданий и сооружений.....	223
Штыревые навесные вентилируемые фасады – новое направление в строительстве административно-производственных и жилых зданий.....	228
Поражающие факторы аварийного падения самолета, действующие на инфраструктуру территорий.....	236

Гидродинамические нагрузки на прибрежные здания от гравитационных волн подводных взрывов космических тел.....	264
Рассмотрение пожарной безопасности методами системного анализа.....	269
Факторы, определяющие безопасность гидротехнических сооружений водохозяйственного назначения.....	274
Методология расчета и оценки остаточного ресурса зданий и сооружений.....	276
Техническому регулированию в строительстве 10 лет.....	283
Технология устройства противодиффузионных завес методом «Стена в грунте».....	285
Методика расчета ресурса зданий на опасных производственных объектах.....	292
Продление срока безопасной эксплуатации зданий в металлургии.....	299
Сборно-монолитная составная свая.....	307
К вопросу оценки и учета сейсмического риска при принятии решений.....	315
Сценарный подход к оценке вероятностей аварий на плотинах.....	323
Усиление плитного фундамента под колонну.....	332
Анализ риска для обоснования минимальных безопасных расстояний от магистральных трубопроводов до населенных пунктов, зданий и сооружений.....	340

Раздел IV. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....

349

Автоматизированное проектирование противокоррозионной защиты металлических конструкций зданий и сооружений.....	349
Проблемы совершенствования системы надзора за зданиями и сооружениями в Республике Беларусь.....	354

Строительный контроль, как аналог государственному строительному надзору.....	367
Критерии оценки степени инновационности товаров, работ, услуг (инновационных продуктов) в строительной отрасли.....	374
Что мешает инновациям в строительном комплексе.....	380
Инновационные стандарты по безопасности в строительной отрасли.....	387
АВТОРЫ.....	393

ОТНОШЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОСТИ К ЭКСПЛУАТИРУЕМЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТАМ*

Мы уже неоднократно поднимали вопрос о причинах аварий зданий и сооружений различного назначения. Но, к сожалению, их количество не только не уменьшилось, но и увеличивается с каждым годом. Это подтверждают многочисленные новостные телевизионные программы и Интернет-порталы. Но, увы, далеко не каждое происшествие подобного рода становится известным общественности. О многих владельцы поврежденных строений предпочитают умалчивать и делятся информацией только в случае публичной огласки или наличия пострадавших. Но даже по освещенным прессой фактам можно говорить, что проблема становится все более острой.

В табл. 1 указано, сколько фактов аварий найдено в Информационной сети в период с 2003 по 2013 годы.

Таблица 1

Количество фактов обрушений с 2003 по 2013 годы,
найденных в новостных Интернет-порталах

Вид объекта	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Объекты жилого сектора	20	22	31	42	38	29	35	61	101	112	177
Объекты общественного значения и массового пребывания людей	12	19	19	38	24	18	19	43	49	52	78
Строящиеся и реконструируемые объекты	9	12	15	20	27	22	21	36	26	37	57
Объекты, выведенные из эксплуатации	7	6	7	13	15	11	8	23	25	30	30
Производственные объекты	9	12	13	15	9	10	10	28	24	34	23

* Шишкина Н.А. ООО «ВЕЛД», г. Магнитогорск, Челябинская область

Предотвращение аварий зданий и сооружений

В табл.1 не внесена информация об обрушениях грунтов, грузоподъемных механизмов (лифты, краны), объектов инфраструктуры. Вместе с ними в 2013 году сотрудниками ООО «ВЕЛД» стало известно 503 инцидента, имевших место быть на территории Российской Федерации. Немало. Если рассматривать ситуацию более подробно, картина выглядит примерно так (табл.2).

Таблица 2

Количество аварий в 2013 году (Российская Федерация)

Вид объекта		Кол-во случаев
Жилые здания		177
Объекты общественного значения и массового пребывания людей	Учебно-образовательные учреждения (детские сады, школы, техникумы, вузы)	32
	Медицинские учреждения (больницы, клиники, оздоровительные центры)	9
	Общественные здания (магазины, развлекательные и торговые центры, церкви и мечети, вокзалы, прочие места массового скопления людей)	27
	Спортивные сооружения	10
	ИТОГО	78
Неэксплуатируемые здания		30
Строящиеся объекты		40
Реконструируемые и ремонтируемые объекты		17
Демонтируемые объекты		9
Промышленные здания		23
Промышленные трубы		0
Водонапорные башни		3
Грунты		40
Подъемные механизмы (краны, лифты)		28
Мосты		11
Объекты, представляющие историческую ценность		13
Прочее (паркинги и др.)		56
Всего в 2013 году известно 503 случая		

Конечно, по числовому количеству фактов, найденных в новостных Интернет-порталах, судить нельзя. Ведь информационные технологии в 2003 году были не настолько доступны, как сегодня. Именно поэтому мы прибегли к переводу найденных фактов к процентному соотношению.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Для более наглядного отображения информации приведем диаграмму аварий по всем видам объектов за 2013 год (рис. 1, табл.3).

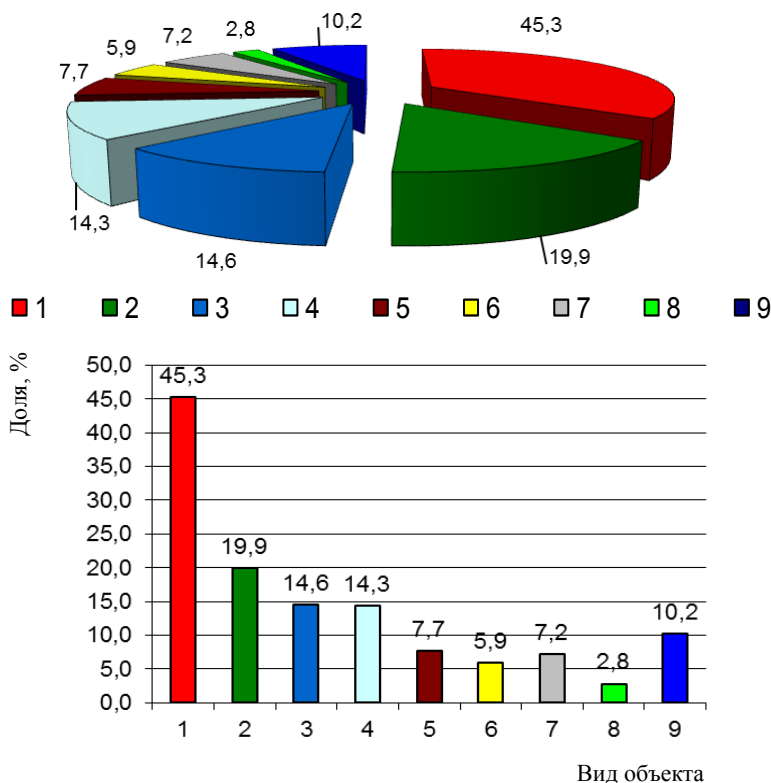


Рис. 1. Диаграмма аварий по всем видам объектов за 2013 год

Таблица 3
Количество аварий, произошедших в России в 2013 году
в процентном соотношении

№ п/п	Вид объекта	Цвет	Кол-во аварий	Доли, %
1	Жилые объекты		177	45,3
2	Объекты общественного значения и массового скопления людей (учебно-образовательные, медицинские учреждения, спортивные сооружения, магазины, вокзалы, развлекательные и торговые центры, церкви и мечети)		78	19,9

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 3

№ п/п	Вид объекта	Цвет	Кол-во аварий	Доли, %
3	Строящиеся, реконструируемые и ремонтируемые объекты		57	14,6
4	Прочее (заборы, ограждения, паркинги, промышленные трубы, водонапорные башни)		56	14,3
5	Неэксплуатируемые (заброшенные) объекты		30	7,7
6	Промышленные здания		23	5,9
7	Подъемные механизмы (краны, лифты)		28	7,2
8	Мосты		11	2,8
9	Грунты		40	10,2

Обострение ситуации можно диагностировать по увеличению количества аварий. Например, в 2012 году в прессе было описано 348 аварий, а в 2013 году – уже 503. Сравнить ситуацию можно по табл. 4 и рис. 2.

Таблица 4

Аварии по всем видам объектов за 2012-2013 годы

№ п/п	Вид объекта	Доли, %	
		2012	2013
1	Жилые объекты	28,6	45,3
2	Объекты общественного значения и массового скопления людей (учебно-образовательные, медицинские учреждения, спортивные сооружения, магазины, вокзалы, развлекательные и торговые центры, церкви и мечети)	13,3	19,9
3	Строящиеся, реконструируемые и ремонтируемые объекты	14,6	14,6
4	Прочее (заборы, ограждения, паркинги, промышленные трубы, водонапорные башни)	10,7	14,3
5	Неэксплуатируемые (заброшенные) объекты	7,7	7,7
6	Промышленные здания	5,6	5,9
7	Подъемные механизмы (краны, лифты)	7,2	7,2
8	Мосты	5,6	2,8
9	Грунты	6,6	10,2

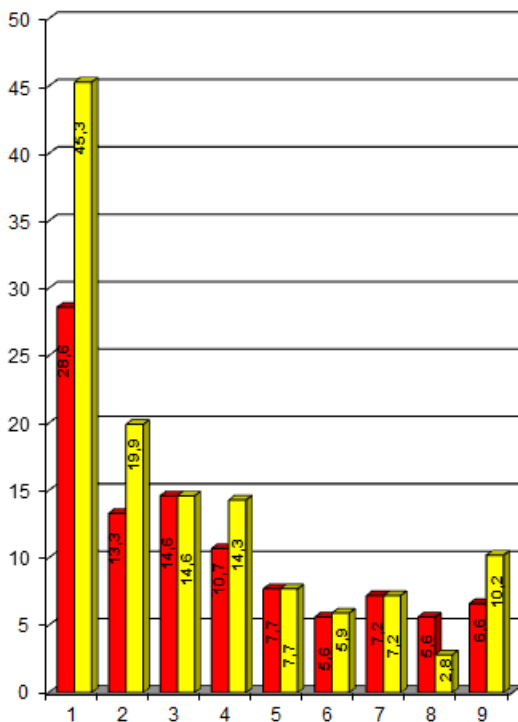


Рис. 2. Диаграмма аварий по всем видам объектов за 2012-2013 годы

Во время обрушений в 2013 году пострадали как минимум 197 человек (170 человек в 2012 году) и погибли 112 человек (122 человек в 2012 году), среди погибших 13 детей (14 детей в 2012 году).

Из табл. 4 видно, что наиболее печально выглядит ситуация в жилищном секторе. Обратите внимание, доля аварий жилых домов выросла с 28,6% в 2012 году до 45,3% - в 2013 году. Что является причиной роста аварий?

Выявление причин аварий зданий и сооружений любого назначения на сегодняшний день задача нелегкая, но иногда достаточно просто посмотреть на то, как эксплуатируются здания. Ведь большинство аварий можно избежать. Для этого необходимо в первую очередь разбудить понимание пользователей, затем прекратить тиражировать ошибки, ведущие к катастрофическим последствиям, а потом провести ряд мероприятий по грамотному восстановлению конструкций. Стоп! Это в том случае, если проектировщики и строители в свое время сделали все правильно.

При понимании серьезности проблемы даже необразованный человек сможет составить порядок действий для сокращения аварий. Кто такой этот необразованный человек? Это любой житель любого жилого дома. Им может быть, например, металлург, электрик, учитель, врач, дворник, кто угодно. Пусть по его мнению это будет:

1. Заострение внимания соседей на правильность эксплуатации жилых домов.

2. Своевременный вызов специальных служб и организаций для проведения обследования или экспертизы технического состояния строительных конструкций и при необходимости регистрации повреждений.

3. Своевременное проведение ремонта всех видов конструкций и инженерных сетей эксплуатируемого объекта.

В подтверждение сказанного приведем несколько примеров. Как к эксплуатируемым жилым зданиям относятся пользователи (жители), коммунальные службы и вышестоящие организации. Комментарии давать не будем, и так все понятно.

09.01.2013 г.

г.Москва

Обрушение потолка в одной из комнат общежития знаменитого театра "Современник". По стенам всей квартиры, где проживают артисты, пошли трещины. В 10-комнатной квартире прописаны и проживают около 10 артистов. Администрация театра свое общежитие поддерживает ремонтом, за жилищем следят и сами артисты. Проблемы возникли, когда в квартире сверху начался ремонт. Новый хозяин нанял бригаду гастарбайтеров и завез много тяжелых строительных материалов. Кроме того, 30 декабря в общежитии прорвало трубы. Артисты попросили срочно прекратить работы, объяснив, что их заливают, и по стенам идут трещины, и в ответ получили грубый отказ. Представители ЖЭКа тоже отреагировали неадекватно.

04.02.2013 г.

г.Калуга

Обрушение крыши деревянного муниципального дома. Разрушены две квартиры. От полного разрушения крышу спасло дерево. Дом был построен еще в XIX веке, и жильцы вспоминают, что единственный капитальный ремонт был проведен властями еще при Советском Союзе. В 80-х годах прошлого века в доме заменили крышу, но при этом строители забыли про перекрытия. К тому же нижние венцы сгнили, и фундамент стал рассыпаться. До обрушения городские чиновники не спешили признавать его аварийным. Поводом стало большое количество снега, скопившегося на крыше дома.

04.02.2013 г.

г.Жиздра, Калужская область

Обрушение кровли многоквартирного дома. 80% кровли жилого двухэтажного 12-квартирного дома не выдержало тяжести снега и обрушилось на чердачное перекрытие. Частично повреждены наружные стены дома, стояки отопления, система вентиляции. Кирпичный дом с шиферной крышей был построен около 30 лет назад. Пострадавших нет.

10.02.2013 г.

г.Красноармейск, Московская область

Обрушение несущей стены четырехэтажного жилого дома. Внешняя несущая стена квартиры на первом этаже двухподъездного шлакоблочного дома обрушилась из-за деформации конструкций, ставших следствием перепада температур. Известно, что произошло два обвала и возникло три трещины, которые идут от первого до четвёртого этажа здания. Жильцы дома, где располагается общежитие, срочно эвакуированы, опасность дальнейшего обрушения здания сохраняется. В состоянии ветхости это здание находится уже много лет.



Рис. 3. Обрушение крыши
деревянного муниципального
дома 04.02.2013 г.
в г.Калуге



Обрушение несущей стены
четырёхэтажного жилого дома
10.02.2013 г. в г.Красноармейск,
Московская область

23.02.2013 г.

г.Новокузнецк, Кемеровская область

Обрушение части стены жилого пятиэтажного дома. На третьем этаже пятиэтажки на улице Горьковской выпала часть стены. Лестничный пролет, потеряв одну из опор, завис. Стену восстановили, укрепили металлическими подпорками. В 2008 году на первом этаже одного из подъездов старой пятиэтажки упал лестничный пролет, вместо него установили деревянный. Еще в 2007 году комиссия признала дом аварийным и подлежащим сносу, но его жильцам новое жильё пока не предоставляют.

04.03.2013 г.

г.Новокузнецк, Кемеровская область

Обрушение деревянного перекрытия жилого двухэтажного дома на улице Лермонтова. ЧП произошло ночью. Сначала начали падать мелкие фрагменты. Это позволило жильцам вовремя эвакуироваться. Когда люди покинули опасную зону, произошло окончательное разрушение. Причина – гнилые несущие балки перекрытия над последним этажом.



Обрушение деревянного перекрытия жилого двухэтажного дома
04.03.2013 г. в г.Новокузнецк, Кемеровская область

28.03.2013 г.

г.Кагуга

Обрушение огромного слоя штукатурки с потолка коридора на первом этаже жилого двухэтажного дома по ул. Глаголева. Чудом никто не пострадал. Осенью 2012 года дом был признан аварийным, но жильцы продолжают ждать новое жилье. Дом буквально рассыпается. В октябре того же года на втором этаже дома на общей кухне рухнул потолок, разрушились балки, жильцам отключили газ и воду. Через две недели прорвало батареи, все залило водой, отключили и отопление. Выполненный в 2011 году ремонт крыши лишь усугубил ситуацию: в процессе ремонта здание стояло долгое время вовсе без кровли, в результате чего дожди намочили и без того гнилые балки перекрытий.

29.03.2013 г.

г.Челябинск

Обрушение кирпичной кладки фасада жилого пятиэтажного дома по улице Российская. Часть облицовки обвалилась между первым и вторым этажами. ЧП произошло в половине шестого дня. Под кирпичный град чуть не попала девочка-дошкольница. Поврежденной оказалась стена, за которой находятся кухни, душевые и туалетные комнаты. Представители управляющей компании настаивают на вине жильцов, пеняя им на то, что жалоб о плохом состоянии стены не поступало. Жильцы же

Предотвращение аварий зданий и сооружений

утверждают, что многократно оставляли заявки на ремонт стены в ЖЭКе. За последние два года аварии в доме превратились в привычное явление: часто протекает крыша, текут трубы внутри перекрытия.



Обрушение кирпичной кладки фасада жилого пятиэтажного дома
29.03.2013 г. в г. Челябинск

21.04.2013 г.

г. Киров, Калужская область

Обрушение стены жилого дома в микрорайоне Лянгасово. Никто не пострадал. Здание было признано аварийным еще в 2011 году. В стене дома была огромная трещина, через нее изнутри было видно улицу. В пострадавшей квартире никто не проживал. Сначала выпало окно на первом этаже, затем обвалившимися кирпичами прорвало трубу отопления. Газопровод и линии электропередач не повреждены. Жильцы временно расселены.



Обрушение стены жилого дома
21.04.2013 г. в г. Киров, Калужская область

27.05.2013 г.

г.Екатеринбург

Обрушение штукатурки в квартире жилого дома на улице Армавирской. Перекрытие весом более десяти килограммов в туалетной комнате одной из квартир уже давно висело на честном слове. К счастью, никто не пострадал. За все время жизни дома, а это 60 лет, дом не ремонтировался ни разу. Покосившиеся перекрытия держатся только благодаря подпоркам и самодельным креплениям. Стены прогнили так, что виден кафель у соседей, а трещины растут с каждым днем. До 2009 года по документам дом значился как ветхий, потом со сменой компании-владельца поменялся и статус дома. За несколько лет дом сменил с десятков управляющих компаний.

29.05.2013 г.

г.Новочеркасск, Ростовская область

Обрушение перекрытий и стен в туалетах пятиэтажного здания, принадлежащего муниципалитету. Перекрытия в туалетах обвалились с пятого по второй этажи. Из здания эвакуированы 70 человек. Погибших и пострадавших нет. Отключены все коммуникации – газ, вода, электричество. Раньше здание было общежитием Новочеркасского электровозостроительного завода. Несколько лет назад его передали в муниципальную собственность. По одной из версий в санузлах общежития перекрытия между этажами попросту сгнили и разрушились от влаги и постоянно протекающей канализации.



Обрушение перекрытий и стен в туалетах пятиэтажного здания
29.05.2013 г. в г.Новочеркасск, Ростовская область

08.07.2013 г.

г.Рязань

Обрушение потолка в квартире жилого дома на Кремлёвском валу. Дом, построенный еще в 19-м веке, ремонтировался только в 65-м и 77-м годах ушедшего столетия. На официальный запрос в администрации Рязани ответили, что причина обрушения потолка – не ветхость дома, а

равнодушие жильцов. Рядом с домом проходит дорога, стены вибрируют постоянно и в них уже появились трещины. Жильцы опасаются, что в следующий раз рухнет весь дом.

09.09.2013 г.

г.Рязань

Обрушение кровли жилого дома. Железобетонная плита разломилась и обрушилась на технический этаж. Дождевая вода залила несколько квартир верхних этажей. Капитальный ремонт кровли в доме проводился всего год назад. Он был выполнен по федеральной программе фонда реформирования ЖКХ. Коммунальные службы утверждают, что ремонт и обрушение крыши никак не связаны. Они предполагают, что трещина в плите имела место быть еще на стадии строительства. Дом построен в 1981 году.

25.09.2013 г.

г.Томск

Обрушение потолка в квартире деревянного жилого дома на улице Гоголя. Последний раз капитальный ремонт в доме проводили в 1964 году. Больше 20 лет жильцы просят помощи у чиновников, но все старания тщетны – деревянный дом трещит по швам. Пенсионерка – жительница пострадавшей квартиры – рассказывает, что внуки закрыли потолок пленкой, положили лист шифера, чтобы отвести дождь. Главный инженер управляющей компании соглашается, что ремонт требуется, и уверяет, что аварийной ситуации, при которой дом действительно упадет, на сегодняшний день нет. Два года назад был поставлен вопрос о судьбе дома, однако здание было обследовано только после обрушения потолка в квартире пенсионерки.

24.10.2013 г.

г.Псков

Обрушение потолочных перекрытий трех квартир в жилом доме по Октябрьскому проспекту. В результате ЧП пострадали 55-летняя женщина и ее двухгодовалая внучка. Виновниками названы рабочие, нарушившие правила безопасности при проведении строительных работ. Накануне обрушения перекрытий они при помощи спецтехники отгрузили строительный материал для капитального ремонта кровли прямо на крышу дома.

03.12.2013 г.

г.Санкт-Петербург

Обрушение потолка в одной из квартир жилого дома по 13-й линии Васильевского острова. Пострадавший дом расположен вплотную к новостройке, что и стало причиной его разрушения. По соседству возводится шестиэтажный дом с обильным остеклением. Старый дом имеет

огромные трещины от крыши до самого фундамента, вздутый пол. Окна и двери не закрываются. Дом перекошило еще несколько месяцев назад. Техническое состояние дома на администрацию Василеостровского района впечатления не произвело. Чиновники и застройщик продолжают утверждать, что все в пределах нормы. Независимые эксперты еще за месяц до ЧП подтвердили аварийность дома.

28.12.2013 г.

г.Иваново

Обрушение перекрытий в одной из квартир двухэтажного жилого дома по улице Ломоносова. В результате полностью завалена одна из комнат «двушки». Хозяин квартиры, услышав треск и увидев, как по потолку пошла трещина, успел выбежать. В 12-квартирном доме давно текла крыша. Жильцы собрали часть денег на ремонт, вторую часть обещала администрация города, но управляющая компания предоставлять в городминистрацию необходимые документы не торопилась. В итоге несущая балка сгнила, что и стало причиной обрушения. За месяц до ЧП хозяева пострадавшей квартиры лично покрыли часть крыши над своей квартирой.

Вот примерно так эксплуатируется жилой фонд во всей России.

Повторимся, мы озвучили порядок действий, представленный рядовым пользователем жилищного фонда. С производственными объектами, объектами массового пребывания людей и объектами инфраструктуры остановка выглядит примерно так же, изменения незначительны.

А что скажет опытный специалист?

Вот как раз об этом и пишут авторы монографии, не один год посвятившие себя не только обследованию причин аварий, но и непосредственной работе по их предотвращению.

Раздел I.
ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА
ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН
ГОРОДСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ*

Одним из обстоятельств, препятствующих широкому применению трубобетонных колонн в России, является отсутствие отечественных норм по их проектированию и расчету. Существующие методики расчета существенно отличаются друг от друга и предназначены, в основном, для элементов, работающих на центральное сжатие.

Согласно действующим нормам эксцентриситет продольной сжимающей силы в любом случае принимают не менее случайного. Поэтому разработка достоверной и приемлемой для практики методики расчета внецентренно сжатых трубобетонных элементов также является актуальной задачей.

Результаты сопоставления теоретических значений прочности внецентренно сжатых трубобетонных колонн (ТБК), подсчитанных по наиболее часто используемым методикам, с экспериментальными данными представлены в табл. 1. Геометрические и конструктивные параметры ТБК, а также относительные эксцентриситеты сжимающей нагрузки e_0/d , приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 1 свидетельствует, что близкую к удовлетворительной сходимость позволяет получить методика Л.И.Стороженко – коэффициент вариации вектора ошибок составил 14,8% при наибольших отклонениях от +28% до –17%. Немногим более точны китайские нормы (коэффициент вариации 13,1%, наибольшие отклонения от +33% до –7,4%). Использование других методик приводит к существенно большим погрешностям.

* *Кришан А.И., Наркевич М.Ю. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Челябинская область*

Таблица 1

Результаты сопоставления теоретических значений несущей способности внецентренно сжатых ТБК с опытными данными

№ п/п	Автор	Формула	Коэффициент вариации; наибольшее отклонение от эксперимента
1	Л.И. Стороженко	<p>- при $e_o < 0,125d$</p> $N = \frac{d}{d + 8e_o} (\alpha_{\text{вн}} R_s A_s + \beta_{\text{вн}} R_b A);$ <p>- при $e_o \geq 0,125d$</p> $N = \frac{d}{d + 4e_o} (\alpha_{\text{вн}} R_s A_s + \beta_{\text{вн}} R_b A),$ <p>где $c = (1 + 8e_o / d) / (1 + 8De_o / (D^2 + d^2))$;</p> <p>$\alpha_{\text{вн}} = \alpha$;</p> <p>$\beta_{\text{вн}} = 1,15$ - при $e_o \geq d$;</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin: 5px;"> $\beta_{\text{вн}} = \beta^{\xi} (\beta_{\text{вн}})$ </div> <p>- при $e_o < d$.</p>	0,148; +28% / -17%
2	Нормы Японии	<p>- при $N \leq N_b$</p> $N = N_b; \quad M \leq M_{so} + M_b;$ <p>- при $N > N_b$</p> $N \leq N_s + N_b; \quad M = M_s,$ <p>- при $0 < \xi \leq 1$</p> $N_b = \{ \sin \theta_n (2 + \cos^2 \theta_n) / 3 - \theta_n \cos \theta_n \} d_b^2 R_b / (8\xi);$ $M_b = \{ \theta_n + \sin 2\theta_n (\cos^2 \theta_n - 2,5) / 3 \} d_b^3 R_b / (64\xi);$ <p>- при $\xi > 1$</p> $N_b = \pi \{ 1 - 1 / (2\xi) \} d_b^2 R_b / 4;$ $M_b = \pi d_b^3 R_b / (64\xi).$ <p>$\xi = \frac{x}{d_b}; \quad \theta_n = \cos^{-1} (1 - 2\xi)$</p>	0,226; - 2% / -30,5%

№ п/п	Автор	Формула	Коэффициент вариации; наибольшее отклонение от эксперимента
3	Нормы КНР	$P_{u,d} = \varphi_l \varphi_e P_{u,d}^0,$ <p>где $\varphi_l = 1 - 0,115 \left(\frac{l}{d} - 4 \right)^{\frac{1}{2}}; \varphi_e = \frac{1}{1 + 1,35 \frac{e_0}{r_c}}$</p>	0,131; +33% / -7,4%
4	Европейские нормы	$N = \eta_p \cdot A_p \cdot R_{s,p} + A_b \cdot R_b \left(1 + \frac{\eta_b \cdot t \cdot R_{s,p}}{d \cdot R_b} \right),$ <p>- при $e_0/d \leq 0,1$</p> $\eta_b = \eta_{bo} \cdot (1 - 10 \cdot \frac{e_0}{d_b});$ $\eta_p = \eta_{po} + (1 - \eta_{po}) \cdot \frac{10 \cdot e_0}{d_b};$ <p>- при $e_0/d > 0,1$</p> $\eta_b = 0; \quad \eta_p = 1$	0,268; +7% / -72,1%

Таблица 2

Экспериментальные данные несущей способности
внецентренно сжатых ТБК

№ п/п	e_0/d	d , мм	δ , мм	R_s , МПа	R_b , МПа	N_u^{Exp} , кН	Автор эксперимента
1	0,06	159	6	295	22	1406	А.И. Сагадатов
2	0,13	159	6	295	22,5	1210	
3	0,26	159	6	295	24,2	932	
4	0,06	159	6	295	32,1	1559	
5	0,13	159	6	295	32,8	1412	
6	0,26	159	6	295	35,1	1066	
7	0,06	219	8	290	32,5	2921	
8	0,13	219	8	290	30,5	2698	
9	0,26	219	8	290	32,1	1962	

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 1

№ п/п	e_0/d	d , мм	δ , мм	R_s , МПа	R_b , МПа	N_u^{Exp} , кН	Автор эксперимента
10	0,06	219	8	290	46,1	3308	А.И. Сагадатов
11	0,13	219	8	290	43,4	3041	
12	0,26	219	8	290	45,6	2289	
13	0,125	159	6	440	38,9	1774	К.С. Кузнецов
14	0,25	159	6	440	41,6	1346	
15	0,375	159	6	440	38,0	1059	
16	0,125	159	6	440	55,8	1842	
17	0,25	159	6	440	57,5	1515	
18	0,375	159	6	440	59,0	1238	
19	0,125	106	4	435	40,5	849	
20	0,25	106	4	435	41,2	633	
21	0,375	106	4	435	37,4	468	
22	0,125	106	4	435	54,6	839	
23	0,25	106	4	435	58,2	691	
24	0,375	106	4	435	57,8	572	
25	0,09	106	3	288	16,8	400	Л.И. Стороженко
26	0,189	106	3	288	16,8	300	
27	0,28302	106	3	288	16,8	270	
28	0,37736	106	3	288	16,8	230	
29	0,4717	106	3	288	16,8	200	
30	0,9434	106	3	288	16,8	115	
31	0,37594	133	4	288	16,8	480	
32	0,75188	133	4	288	16,8	250	
33	0,0623	530	7,8	349,2	34,5	12500	В.Л. Шабров
34	0,1245	530	7,8	349,2	34,5	10700	
35	0,0623	530	11,95	322,6	34,5	14500	
36	0,1245	530	11,95	322,6	34,5	12500	
37	0,0635	630	6,6	303,0	25,6	12000	
38	0,127	630	6,6	303,0	25,6	10500	
39	0,0635	630	9,8	311,0	34,9	17000	
40	0,127	630	9,8	311,0	34,9	15000	
41	0,0625	720	7,7	395,4	28,3	18500	
42	0,125	720	7,7	395,4	28,3	16000	
43	0,0625	720	9,6	315,6	28,3	18500	
44	0,125	720	9,6	315,6	28,3	16000	
45	0,0625	720	11,74	274,0	28,3	19000	
46	0,125	720	11,74	274,0	28,3	16650	

Однако основным недостатком всех предложенных подходов – невозможность достоверно оценить прочность внецентренно сжатого трубобетонного элемента, имеющего какие-либо отличия от «классической» конструкции - например, наличие стержневой, высокопрочной или жесткой арматуры, предварительного обжатия бетонного ядра, эффекта пресования бетонной смеси и др.

Принципиальную возможность такой оценки дает нелинейная деформационная модель, предлагаемая для расчета железобетонных конструкций действующими нормами проектирования. Однако применительно к ТБК данная модель должна модернизироваться: учесть работу бетонного ядра и стальной оболочки в сложном напряженном состоянии, наличие предварительного обжатия ядра, перераспределение усилий между ними, высокую деформативность бетона и др.

Библиографический список

1. Кришан А.Л. Новый подход к оценке прочности сжатых трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. – №3, 2008. – С. 2-5.
2. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром: Монография – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 372 с.
3. Кузнецов К.С. Прочность и деформативность колонн из стальных труб, заполненных высокопрочным предварительно обжатым бетоном. Дисс. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2007. – 154 с.
4. Сагадатов А.И. Напряженно-деформированное состояние сжатых трубобетонных элементов с внутренним стальным сердечником. Дисс. ... канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2006. – 180 с.
5. Стороженко Л.И. Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием: Дисс. ... докт. техн. наук. – Кривой Рог, 1984. – 587 с.
6. Шабров В.Л. Прочность трубобетонных элементов диаметром 500 мм и более при внецентренном сжатии: Дисс. канд. ... техн. наук. – М.: НИИЖБ, 1988. – 253 с.
7. AIJ. Standard for structural Calculation of Steel Reinforced Concrete Structures, 5th Ed. Architectural Institute of Japan, Tokyo. – 2001.
8. CECS 28:90/ Specification for design and construction concrete-filled steel tubular structures. Beijing: China Planning Press, 1992.
9. Eurocode 4: EN 1994-1-1:2004 Design of composite steel and concrete structures – Part 1.1. – Brussels. – 2004. – 127 p.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТЕНДЫ «КОНСТРУКТОР»,
«ПЛИТА» И «СТВОР» НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
ЦЕНТРА МОНИТОРИНГА МГСУ***

Центр мониторинга Московского государственного строительного университета (МГСУ) создан для решения широкого круга научных, образовательных, методических и других задач в области строительного мониторинга. При этом одной из целей создания Центра стала консолидация усилий ведущих специалистов Университета, а также специалистов других организаций, заинтересованных в направлении разработки и внедрения современных и эффективных средств, систем и методов мониторинга строительных конструкций и сооружений. Инициативной группой локального проекта под руководством доктора технических наук, профессора МГСУ А.В. Коргина для первой очереди Центра были отобраны пять научно-образовательных стендов с условными названиями «Этажерка», «Конструктор», «Плита», «Створ» и «Фасад». Все стенды являются уникальными авторскими стендами, и каждый из них основан на работах ведущих научных сотрудников МГСУ в перспективных направлениях строительной физики, проводимых совместно со студентами и аспирантами Университета. Стенды задуманы как многофункциональные программно-аппаратные комплексы, пригодные для решения широкого спектра задач в интересах строительной индустрии. Однако для каждого из стендов сформулирована также базовая научная проблема, на решение которой стенд ориентирован в первую очередь.

Стенд «Этажерка» предложен руководителем локального проекта А.В. Коргиным, а стенд «Фасад» – заведующим кафедрой «Инженерная геодезия» И.В. Рубцовым. Два из трех стендов, представленных в настоящей публикации, а именно стенды «Плита» и «Створ», предложены А. Кухта. Авторами научной концепции стенда, положенной в основу при разработке стенда «Конструктор», являются А. Белостоцкий и А. Кухта. В научных работах по тематике рассматриваемых трех стендов, в проектировании стендов и их практической реализации активное участие принимали аспиранты МГСУ А. Галушко и М. Савин.

1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «КОНСТРУКТОР»

Название «Конструктор» – это краткое и условное название стенда. Его полное название: экспериментальный стенд «Адаптивные системы мониторинга» обязано своим происхождением концепции адаптивных математических моделей и адаптивных систем мониторинга, изложенной в публикации [1]. В указанной статье предлагается новый

* *Кухта А.В. ФГБОУ ВПО МГСУ (НИУ), г.Москва*

подход к разработке и реализации систем мониторинга строительных конструкций.

В настоящее время при проектировании систем мониторинга, в том числе для вновь возводимых сооружений принято анализировать проект на предмет нахождения в этом проекте слабых мест, перегруженных конструкций и/или рассматривать модели угроз. Однако, перефразируя остроумное замечание доктора технических наук, профессора Ю.И. Кудишина, можно сказать, что, если проект не содержит решений, учитывающих указанные обстоятельства, то необходимо переделать проект, а не создавать дорогостоящую систему мониторинга. С другой стороны, статистика аварий, в том числе ежегодно приводимая доктором технических наук, профессором К.И. Ереминым показывает, что большая часть отказов конструкций происходит по причинам, которые трудно или невозможно было указать, анализируя проект. При оптимальной организации предпроектных и проектных работ строительное сооружение не должно содержать «слабых мест» – выявление и устранение «слабых мест» является одной из главных задач процесса проектирования, а также предметом тщательного и независимого анализа на стадии экспертизы проекта.

В зависимости от качества предпроектных изысканий и проектирования строительные объекты можно условно отнести к одной из трех групп, а именно:

1. Объекты, возводимые при наличии грубых, критических ошибок на стадии предпроектных изысканий и/или проектирования.
2. Объекты с низким качеством проекта, содержащего значительное число некритических ошибок и недоработок.
3. Объекты с высоким качеством предпроектных изысканий и проекта, при котором тщательный и независимый анализа не выявляет ошибок и недоработок.

Для объектов из групп 1 и 2 можно говорить о существовании априорной информации относительно наиболее вероятных дефектов конструкций, которая может быть получена на основании анализа технической документации проекта. В случае 3 такая информация не может быть получена *a priori*, а потенциально опасные дефекты характеризуются случайными параметрами и локализацией.

Традиционные подходы к разработке систем мониторинга оказываются эффективными при «слабом» проекте, т.е. в ситуации 2. В этом случае разработчик системы мониторинга берет на себя задачу анализа уязвимостей проекта, дублируя, по существу, работу проектировщика и специалиста технической экспертизы. Для случая 3 традиционный подход оказывается неэффективным. Более того, применение традиционного подхода к качественному проекту может быть не только бесполезным, но вредным, поскольку ориентация на гипотетические «слабости» объекта

приводит к тому, что система мониторинга пишет «нули», а возникновение потенциально опасных дефектов системой не контролируется.

Подход, основанный на разработке адаптивных математических моделей, ориентирован на создание систем мониторинга, способных регистрировать и локализовать случайные дефекты строительных конструкций на ранних стадиях их возникновения. Адаптивная математическая модель строительного объекта представляет собой математическую модель, решающую обратную задачу нахождения отклонений параметров конструкции от их проектных значений на основе анализа параметров, которые регистрируются различными датчиками системы мониторинга. Основой для построения адаптивной модели является математическая, как правило, пространственная конечноэлементная модель объекта. Кроме того, при разработке адаптивной модели могут и должны учитываться различные условия и ограничения, в том числе, технические и экономические. Для иллюстрации лишь некоторых проблем, требующих решения при построении адаптивных моделей, рассмотрим простой пример. Пусть контролируемый объект представляет собой простейшую стержневую конструкцию в виде прямоугольного параллелепипеда (рис.1).

Пусть также в распоряжении имеется ограниченное количество измерительных средств, позволяющих контролировать НДС лишь в нескольких точках конструкции. Ясно, что при установке всех датчиков вблизи друг друга в ограниченной области конструкции, возможности измерительной системы по локализации случайного дефекта будут минимальными, в то время как их установка на разных элементах конструкции позволит в той или иной степени локализовать случайные дефекты. Одна из задач, которая должна быть решена при разработке адаптивной модели для системы мониторинга объекта, – это задача оптимального расположения имеющихся измерительных средств, при котором случайный дефект конструкции может быть локализован наилучшим образом. Однако, решение этой задачи не очевидно даже для простейшего случая.

Таким образом, построение адаптивной математической модели объекта состоит не только в решении обратной задачи, т.е. определении некоторой совокупности входных параметров математической модели строительного объекта по заданному набору ее контролируемых параметров, но требует также решения задачи оптимальной организации самой измерительной системы. Подходы к решению задачи построения адаптивной модели реального объекта в общем случае в настоящее время неиз-

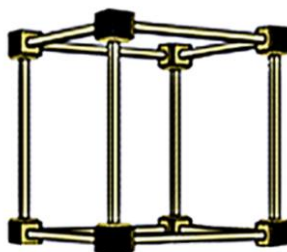


Рис.1.1. Простая стержневая конструкция

вестны. В этой ситуации необходим поиск путей решения обратных задач и задач оптимизации, основанный на сочетании аналитических средств, средств компьютерного моделирования и полуэмпирических подходов, которые должны стать результатом изучения закономерностей поведения реальных строительных конструкций и их физических моделей.

Для разработки и отладки алгоритмов построения адаптивных математических моделей в Центре мониторинга МГСУ был создан стенд «Конструктор», общее компоновочное решение которого представлено схематично на рис.1.2.

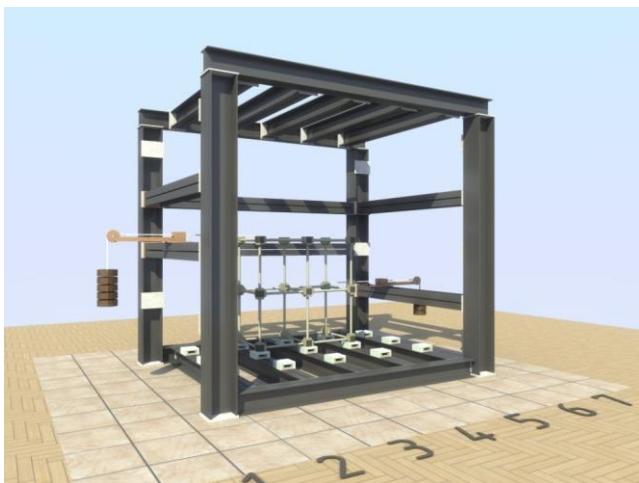


Рис.1.2. Общее компоновочное решение стенда «Конструктор»

В состав стенда входят:

- опорно-загрузочная рама стенда с системой загрузочных устройств;
- физическая модель строительной конструкции;
- датчики системы мониторинга параметров модели;
- датчики задаваемых нагрузок;
- система сбора и первичной обработки данных измерений;
- система математического моделирования.

Конструктивное решение опорно-загрузочной рамы призвано обеспечить ее высокую жесткость. С целью создания надежного контакта нижних балок опорной рамы с несущими конструкциями помещения, в котором располагается стенд, предусмотрено использование специальной подливки под нижние балки опорно-загрузочной рамы.

Физическая модель решена как модульная сборно-разборная конструкция, содержащая базовые металлические стержневые элементы и блоки их сопряжения. Базовые стержневые элементы выполнены в виде

цилиндрических стержней сплошного сечения диаметром 24 мм с квадратными фланцами 20×60×60 мм и общей длиной 440 мм. Блоки сопряжения базовых стержневых элементов модели имеют кубическую форму и размеры 60×60×60 мм и обеспечивают жесткое болтовое соединение стержневых элементов модели под углами, кратными 90°. Базовым модулем физической модели является кубическая пространственная конструкция, состоящая из 12 базовых стержневых элементов и 8 блоков сопряжения с размером в осях 500×500×500 мм (см. рис.1.1). Отличительными особенностями модели являются:

- точное исполнение ее конструктивных элементов, что в условиях упругой работы должно обеспечивать соответствие результатов расчетов конечноэлементной модели и действительной реакции модели на воздействия в пределах 3-5%;
- возможность гибкого трансформирования конструкции с добавлением, при необходимости, элементов типа навесных ограждений, внутренних ребер жесткости и т.д.;
- возможность замены любого из элементов конструкции элементом, имитирующим тот или иной «дефект».

Некоторые из возможных физических моделей стенда показаны на рис.1.3, а основной набор «дефектных» элементов – на рис.1.4.

В состав стенда «Конструктор» входит система мониторинга, включающая в себя несколько подсистем датчиков, а также систему первичной обработки информации. Основными датчиками системы мониторинга являются тензометры, датчики линейных перемещений и акселерометры. Сигналы этих датчиков поступают на многоканальный регистратор, подвергаются необходимой обработке и отображаются в виде таблиц и графиков.

Детальный анализ экспериментальных данных, их сопоставление с результатами компьютерного моделирования, а также их интерпретацию на основе адаптивных моделей предполагается производить с использованием специализированного программного обеспечения, разработка и совершенствование которого является одной из основных задач базовой программы исследований на данном стенде.

Помимо выполнения базовой научной программы, на стенде «Конструктор» в настоящее время запланировано проведение других научно-исследовательских работ. В частности, планируется изучение поведения металлоконструкций при потере устойчивости отдельных элементов, а также работы по исследованию возможностей новых эффективных средств и систем мониторинга. Стенд позволяет эффективно решать разнообразные образовательные задачи, включая задачи переподготовки кадров специалистов строительной отрасли.

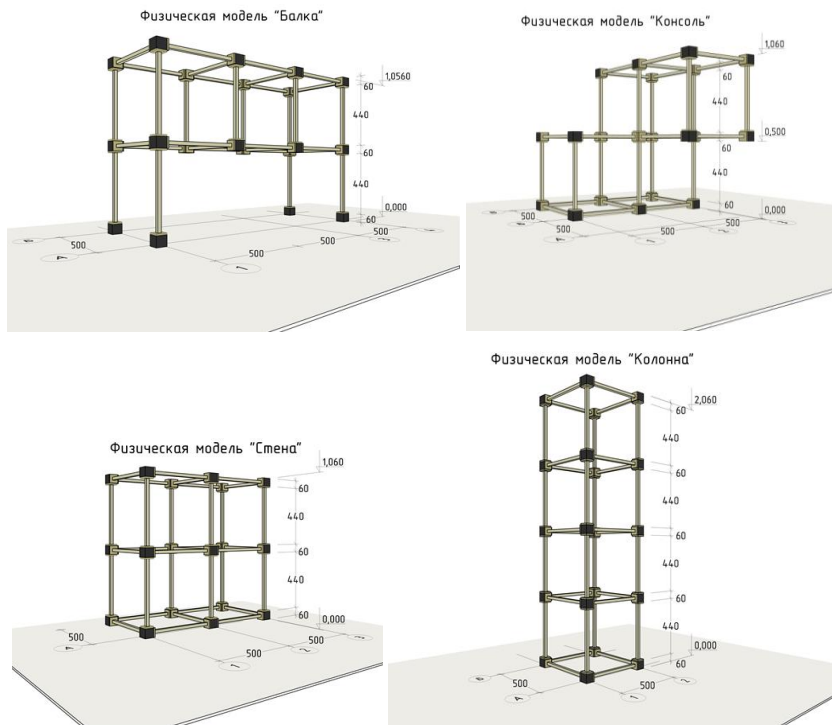


Рис.1.3. Примеры физических моделей

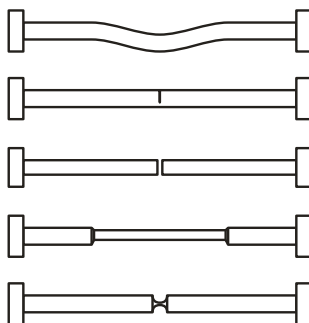


Рис.1.4. Виды некоторых стержневых элементов, имитирующих дефекты

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «ПЛИТА»

Экспериментальный стенд «Плита» (полное название: стенд «Вибродинамические системы мониторинга») Центра мониторинга МГСУ предназначен для решения научных, методических и образовательных задач в области мониторинга технического состояния строительных конструкций с использованием методов регистрации и анализа динамических характеристик строительных объектов, в том числе вынужденных и собственных колебаний сооружения и отдельных его конструкций.

В качестве базовой физической модели стенда выбрана железобетонная плита на упругом основании. Выбор этой физической модели обусловлен особой актуальностью разработки эффективных средств контроля состояния систем фундамент-основание. Контроль состояния системы фундамент-основание является одной из важнейших задач мониторинга технического состояния строительных объектов. Значительная часть отказов зданий и сооружений возникает в связи с такими негативными процессами в системе фундамент-основание, как разуплотнение структурно-неустойчивых грунтов в результате суффозионных процессов или отмерзания (как сезонного, так и техногенного характера), образование карстовых пустот, изменение свойств грунтов при динамических воздействиях и т.д. Нарушения в работе системы фундамент-основание приводят, как правило, к изменению режима работы большого числа конструктивных элементов сооружения, начиная от существенного перераспределения напряжений и кончая изменением характера связей и потерей целостности. В ряде случаев, последствия развития таких процессов при их несвоевременном обнаружении оказываются катастрофическими, а стоимость ремонтно-восстановительных работ оказывается весьма значительной, подчас сопоставимой со стоимостью самого сооружения.

Сравнительный анализ некоторых из существующих методов контроля технического состояния системы фундамент-основание, в том числе и вибродинамического метода контроля приведен в работе [2]. В работе показано, что вибродинамические методы контроля обладают рядом существенных преимуществ и могут обеспечить раннее обнаружение потенциально опасных аномалий в системе фундамент-основание на стадии, предшествующей появлению опасных для сооружения деформаций.

Целью научных исследований по Базовой научной программе является разработка эффективных методов раннего обнаружения и контроля потенциально опасных изменений в системе фундамент-основание на основе регистрации и анализа динамических характеристик.

В качестве основы для разработки вибродинамической системы мониторинга выбран предложенный группой А.Ф. Еманова [3] метод стоячих волн. Отличительной особенностью метода является возмож-

ность получения детальной информации об амплитудных, фазовых и других распределениях для различных частот колебаний и различных сечений объекта, в том числе и без специального возбуждения его колебаний (возбуждение микросейсмами). Указанный метод прошел апробацию при обследованиях большого числа строительных объектов различного назначения, в том числе объектов высокого класса ответственности, и показал свою высокую эффективность.

Для перехода от обследования объектов к мониторингу их состояния необходимо решить целый ряд задач, в том числе:

- разработать принципы построения систем непрерывного контроля состояния объекта на основе регистрации динамических характеристик в ограниченном числе точек;
- оптимизировать существующие и/или предложить новые методы контроля динамических характеристик, применимые для реализации на их основе систем мониторинга;
- наметить пути системной интеграции физических средств мониторинга и программно-аппаратного комплекса математического моделирования для обеспечения надежной интерпретации результатов наблюдений с использованием адаптивных моделей и т.д.

Экспериментальный стенд «Плита» создавался как многофункциональный экспериментальный стенд для решения различных научно-образовательных задач, при этом как конструкция стенда, так и программно-аппаратный комплекс стенда оптимизированы для выполнения изложенной выше базовой научной программы.

Общее компоновочное решение стенда «Плита» представлено на рис.2.1.

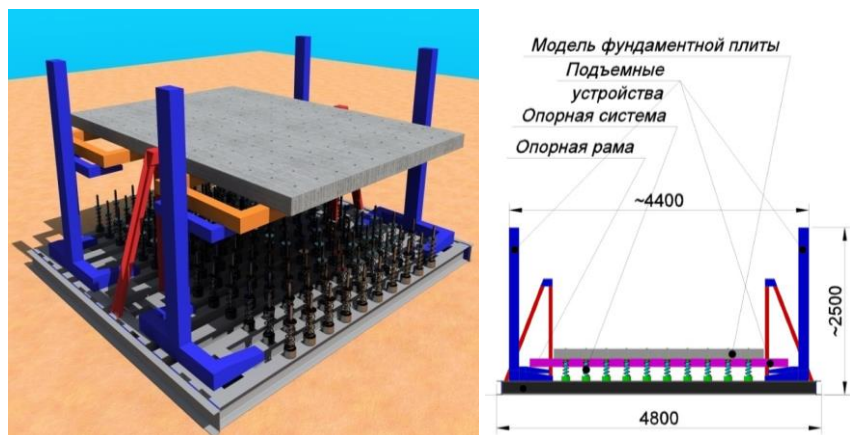


Рис.2.1. Общее компоновочное решение стенда «Плита»

В состав стенда входят:

- опорная рама стенда;
- система управляемых пружинных опорных блоков;
- подъемные устройства с подъемной рамой;
- физическая модель фундаментной плиты;
- датчики системы мониторинга параметров модели;
- датчики реакции опор;
- система сбора и первичной обработки данных измерений;
- система математического моделирования.

Основная физическая модель стенда представляет собой систему, состоящую из модели фундаментной плиты и опорной системы. На рис.2.2 представлены общий вид и конструктивная схема модели фундаментной плиты с элементами опорной системы.

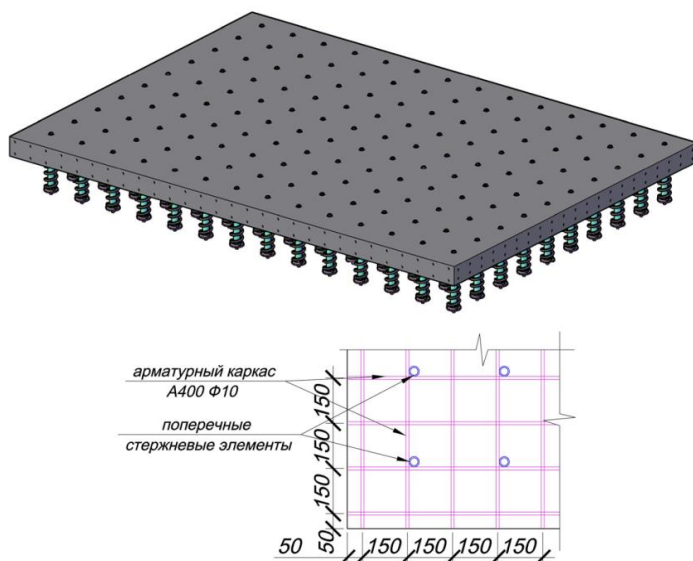


Рис.2.3. Общий вид и конструктивная схема модели фундаментной плиты с элементами опорной системы

Физическая модель фундаментной плиты имеет следующие основные конструктивные параметры:

- Габаритные размеры модели плиты составляют 140×3100×4300 мм.
- Плита изготовлена из бетона класса по прочности на сжатие порядка В25 с заполнителем фракции 5-10.
- В модели фундаментной плиты установлен арматурный каркас, состоящий из двух арматурных сеток с шагом 150 мм.

- В качестве арматурных стержней используется обычная строительная арматура А400 диаметром 10 мм.
- В тело плиты установлены поперечные конструктивные элементы в виде стальных трубок внешним диаметром 34 мм.

Опорная система имитирует основание, соответствующее модели Винклера, и состоит из опорной рамы и установленных на ней 140 опорных блоков. Между опорной рамой и несущими конструкциями помещения, в котором располагается стенд, выполнена специальная подливка, обеспечивающая надежный контакт опорной рамы с этими конструкциями и исключающая возникновение собственных колебаний опорной рамы. Жесткость пружин опорных блоков 2 т/м, а шаг их расстановки – 300 мм.

На рис.2.4 показаны общий вид и конструктивная схема опорной системы.

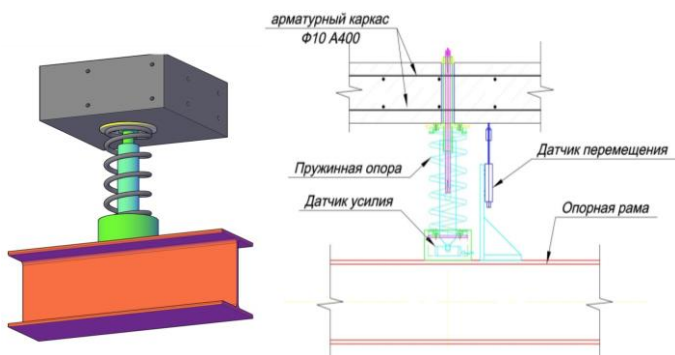


Рис.2.4. Общий вид и конструктивная схема опорной системы

Конструкция опорной системы обеспечивает возможность изменения параметров основания в широких пределах. Предусмотрена возможность:

- независимого увеличения или уменьшения реакции отдельных опор;
- полного выключения отдельных опор из работы;
- моделирования жестких опор;
- регулировки параметров любого опорного блока с верхней поверхности плиты без ее подъема.

Такая конструкция опорной системы позволяет имитировать разнообразные условия работы системы фундамент основание, в том числе различные по форме и местоположению полости и/или области с повышенной жесткостью.

Наличие подъемников и жесткой подъемной рамы позволяет, при необходимости, вносить изменения и дополнения в конструкцию опорной системы стенда.

Одной из основных систем стенда «Плита» является комплексная система мониторинга. В состав этой системы входят:

- Подсистема тензометрических датчиков деформации. Тензорезисторы установлены на арматурные стержни как верхней, так и нижней арматурной сетки. Суммарное количество датчиков 234 шт. Датчики представляют собой короткобазовые фольговые тензорезисторы.
- Подсистема датчиков линейных перемещений. Датчики устанавливаются на опорную раму и составляют часть конструкции опорных блоков. Суммарное количество датчиков 70 (140) шт.
- Подсистема датчиков усилия. Датчики усилия являются составной частью каждого опорного блока, позволяют регистрировать как усилия сжатия, так и растяжения. Суммарное количество датчиков 70 (140) шт.
- Система высокочувствительных акселерометров, которые устанавливаются на верхнюю поверхность плиты.

На рис.2.5 показана схема размещения некоторых датчиков.

Сигналы датчиков системы мониторинга поступают на многоканальный регистратор, подвергаются необходимой обработке и отображаются в виде таблиц и графиков.

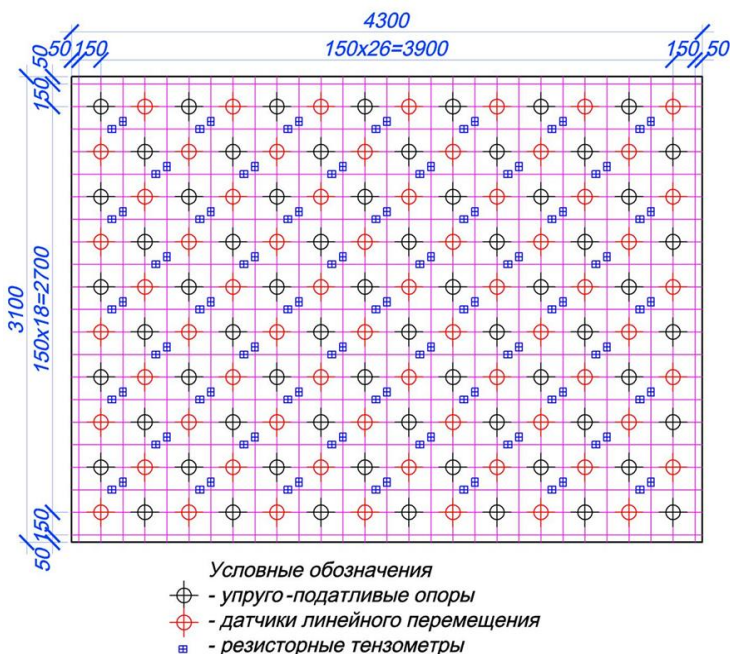


Рис.2.5. Схема размещения тензометров и датчиков линейного перемещения

Детальный анализ экспериментальных данных, их сопоставление с результатами компьютерного моделирования, а также их интерпретацию на основе адаптивных моделей предполагается производить с использованием специализированного программного обеспечения, разработка и совершенствование которого является одной из основных задач базовой программы исследований на данном стенде.

Помимо базовой научной программы, на стенде запланированы и уже проводятся другие исследовательские работы в интересах строительной отрасли. Так, например, в процессе заливки плиты экспериментального стенда группой сотрудников профессора А.П. Пустовгара были проведены исследования динамики изменения температурных и деформационных полей в процессе твердения бетона.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД «СТВОР»

Экспериментальный стенд «Створ» (полное название «Геодезический мониторинг протяженных объектов») предназначен для решения научно-методических и образовательных задач в области разработки перспективных методов и систем мониторинга геометрических параметров строительных конструкций на основе современных программно-аппаратных средств. При этом основное внимание направлено на разработку средств контроля геометрических параметров протяженных строительных объектов (створные измерения), таких, как, например, колонны, балки, плиты перекрытий, фундаментные и фасадные конструкции, конструкции ограждения котлованов, конструкции высотных и большепролетных сооружений, мостовые конструкции и многие другие.

Основанием для разработки концепции стенда и формулировки базовой научной программы послужила публикация [4], в которой содержится обоснование нового метода створных измерений на основе современных систем видеорегистрации. Исследование особенностей и возможностей подобных систем является главной целью базовой научной программы стенда «Створ».

Основу стенда составляет программно-аппаратный комплекс «ВидеоРИТМ-А», разработанный специалистами ООО «ВидеоСкан» на основе указанной публикации. Комплекс «ВидеоРИТМ-А» способен регистрировать с высокой точностью и в автоматическом режиме смещение нескольких маркированных точек объекта в выбранном створе.

В состав экспериментального стенда входят:

- измерительный комплекс «ВидеоРИТМ-А»;
- физическая модель протяженного объекта;
- комплект марок.

Измерительный комплекс «ВидеоРИТМ-А» состоит из видеорегистратора, представляющего собой специализированную видеокамеру с

USB-интерфейсом, и программного обеспечения, обеспечивающего обработку изображений, необходимую для определения координат выбранных точек. Программное обеспечение позволяет задавать параметры видеосъемки и визуализировать результаты определения координат мишеней. Камера видеорегистратора получает необходимое питание от персонального компьютера, к которому она подключена по USB-интерфейсу.

Физическая модель протяженного объекта реализована в виде совокупности опорных поверхностей, расположенных вдоль трассы длиной 18 м. Опорная поверхность, составляющая часть специального кронштейна, расположенного на одном из концов трассы, используется для установки видеорегистратора. Три опорных пластины смонтированы на колоннах помещения Центра мониторинга, и еще три – на специальных стойках-тумбах, установленных вдоль трассы. Важной частью физической модели стенда являются микропозиционеры, установленные на опорных поверхностях, которые позволяют имитировать смещение заданных точек и обеспечивают независимый контроль величины этих смещений.

Марки, используемые на данном стенде, отличаются от тех, которые обычно применяются при геодезических измерениях. Для обеспечения необходимой чувствительности системы и ее высокой надежности в работе [4] предложено использовать в качестве марок активные точечные мишени. Мишени, изготовленные для стенда, имеют корпус в виде прямоугольного параллелепипеда размером 40×40×80 мм. Внутри корпуса находятся автономный источник питания и светодиод с регулятором яркости. Светодиод установлен напротив отверстия в корпусе мишени и излучает в красной части видимого спектра. Время работы мишени без замены источника питания не менее 1 года. Активные мишени устанавливаются на устройства микроперемещения в выбранных маркируемых точках физической модели.

На рис.3.1 представлено общее компоновочное решение стенда.



Рис.3.1. Общее компоновочное решение стенда «Створ»

Работа по базовой научной программе предполагает определение основных метрологических характеристик измерительной системы для различных условий наблюдения. Уже первые эксперименты, проведенные в стабильных температурных условиях и в отсутствие сколь угодно заметных движений воздуха, показали, что среднеквадратическое отклонение координат для любой из неподвижных мишеней, расположенных на расстоянии от 6 до 18 м от видеорегистратора, не превышает 0,1 мм. Совершенно очевидно, что при работе на реальных объектах достижение подобных параметров потребует значительных усилий по компенсации негативного воздействия различных дестабилизирующих факторов, которые могут оказать существенное влияние на чувствительность, точность и другие параметры измерительной системы.

Особое внимание планируется уделить исследованию влияния таких дестабилизирующих факторов, как смещение видеорегистратора и рефракция.

Одним из методов компенсации смещения видеорегистратора, применимость которого будет исследоваться в первую очередь, является хорошо показавший себя в практике геодезических наблюдений метод БГН (метод безопорных геодезических наблюдений), изложенный в работе [5]. Более серьезную проблему представляет рефракция, обусловленная флуктуациями показателя преломления на трассе измерений. Следует отметить, что рефракция осложняет любые высокоточные измерения, связанные с распространением электромагнитного излучения радио и оптического диапазонов в атмосфере, в том числе измерения с помощью современных высокоточных геодезических приборов. Несмотря на большое количество работ российских и зарубежных авторов, посвященных разработке методов уменьшения негативного влияния рефракции, проблема далека от своего решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание Центра мониторинга, наряду с созданием в последнее время других Научно-образовательных центров МГСУ, способствует восстановлению традиции экспериментальных исследовательских лабораторий, которые составляли гордость отечественной строительной науки. К большому сожалению, значительная часть подобных лабораторий в ведущих научно-исследовательских институтах Москвы и других городов России за последние годы перестала функционировать. В то же время потребность в проведении научно-исследовательских работ, в том числе в области строительного мониторинга год от года возрастает.

Широкие возможности, предоставляемые уникальными многофункциональными стендами Центра строительного мониторинга МГСУ, позволяют ставить и решать задачи в области разработки новых

средств и методов мониторинга для решения актуальных проблем безопасности в строительной отрасли. Следует подчеркнуть, что Центр мониторинга является составной частью Центра коллективного пользования МГСУ и рассчитан на проведение исследовательских работ, как сотрудниками Университета, так и сотрудниками других организаций, заинтересованных в решении проблем строительной отрасли.

БЛАГОДАРНОСТИ

В создании многофункциональных экспериментальных стендов НОЦ СМ МГСУ в той или иной степени приняло участие большое число специалистов МГСУ и других организаций. Следует также отметить, что реализация локального проекта по созданию Центра строительного мониторинга потребовала от руководства Университета принятия нетривиальных организационных и технических решений, без которых создание Центра было бы невозможным.

Считаю необходимым выразить благодарность ведущим сотрудникам МГСУ:

- Крыжановскому А.Л., Туснину А.Р., Белову В.А., Джинчвелашвили Г.А., Ранову И.И., Пустовгару А.П. и многим другим за полезные и заинтересованные обсуждения;
- Грязновой Е.М., Гаврилову А.Н., за активную и действенную поддержку на стадии формирования локального проекта по созданию Центра мониторинга;
- аспиранту МГСУ Галушко А.М. за разработку конструкторской документации и проведение необходимых расчетов по стендам «Конструктор» и «Плита»;
- аспиранту МГСУ Савину М.С. за участие в проектировании и реализации стенда «Створ».

Следует отметить серьезную позитивную роль, которую сыграли консультации и поддержка:

- Еремина К.И., доктора технических наук, профессора, генерального директора компании «ВЕЛД»;
- Якушенкова Ю.Г., доктора технических наук, профессора МИИГАиК;
- Еманова А.Ф., доктора технических наук, директора Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН;
- Грановского А.В., кандидата технических наук, заведующего лабораторией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко,

а также многих других высококвалифицированных специалистов различных образовательных и научно-исследовательских организаций.

Необходимо отметить также заинтересованность, инициативу и изобретательность, проявленные при решении многочисленных технических и технологических проблем изготовителями конструкций и систем стендов, в том числе Котоку Ю.М., Захарову А., Майорову В.П.

Особую благодарность выражаю доктору технических наук, профессору МГСУ Белостоцкому А.М., соавтору концепции адаптивного мониторинга и разработчику компьютерных моделей для основных физических моделей стендов Центра мониторинга за всемерную поддержку, а также за постоянный интерес к проводимым работам.

Библиографический список

1. Белостоцкий А.М., Кухта А.В. Адаптивные математические модели для систем мониторинга строительных объектов // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений». – 2010. (<http://pamag.ru/pressa/adaptive-math-method>).
2. Кухта А.В., Галушко А.М. Сравнительный анализ методов мониторинга состояния системы фундамент – основание // Вестник МГСУ, №8, 2011.
3. Еманов А.Ф., Селезнёв В.С., Бах А.А. Когерентное восстановление полей стоячих волн как основа детального сейсмологического обследования инженерных сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, №3, 2007.
4. Кухта А.В. / Kuchta A.V. Метод непрерывного контроля геометрических параметров протяженных объектов / The method of continuous control of geometrical parameters of extended objects; Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». № 03-04-2011.
5. Кухта А.В. Метод безопорных геодезических наблюдений. [Электронный документ] // Предотвращение аварий зданий и сооружений. - 2011. (<http://pamag.ru/pressa/bgi-method>).

СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПОВОЙ ЗАСТРОЙКИ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ*

Постановка проблемы

Наиболее сложными и важными проблемами реконструкции типовой застройки крупных городов являются сохранение ценного культурного наследия и поиск существенной методологии проектирования в условиях реконструкции, которая учитывает значение всех памятников архитектуры. В процессе реконструкции возникает целый ряд сложных

* *Радионов Т.В. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка, Украина*

задач, которые непосредственно связаны с сохранением целостности архитектурной среды и композиционным, функциональным, техническим, социальным, экологическим и экономическим процессами. Пассивное сохранение городской среды противоречит самой исторической природе города, всегда находящегося в процессе стратегического становления и комплексного развития. Социальные изменения в обществе, процессы, связанные с комплексным переустройством зданий и сооружений, непосредственно оставляют отпечаток на периодическую внутреннюю трансформацию городской застройки [5, 8, 9].

Постановка задач исследования

На основании исследуемой темы по комплексной реконструкции объектов типовой застройки в крупных городах были поставлены следующие задачи:

1. Сохранение целостности объектов типовой застройки;
2. Устранение и предотвращение чрезвычайных ситуаций в условиях крупного города;
3. Создание благоприятных условий для проживания населения.

Основная часть

Одна из важнейших задач типологических проблем городской застройки – проблема создания более рациональной территориальной структуры производства и расселения. Ее реализация ведется по двум направлениям: 1 – ускоренное развитие менее развитых районов; 2 – ускоренное развитие малых и средних городов, располагающих наиболее благоприятными условиями для промышленного строительства, а также выравнивание уровней экономического развития различных таксономических территориальных единиц (вплоть до низовых административных районов) для создания единого и близкого к нему стандарта жизни населения. Весьма существенно, что комплексное решение проблемы увязывается с целым рядом аспектов пространственной организации географической среды в целом. При этом следует учитывать, что в стране динамично растет численность городского населения [1, 4, 7]. Таким образом, демографический состав населения городов играет ключевую роль в формировании систем расселения, а значит, непосредственно касается вопросов реконструкции объектов типовой застройки, в которых эти группы населения пребывают.

На основании морального и физического износа типового фонда, который проявляется в несоответствии объемно-планировочных и конструктивных качеств, уровне благоустройства и инженерного оборудования возросшим потребностям населения, ставится важный вопрос о стратегических методах реконструкции типовой застройки. Это наглядно подтверждается положением, сложившимся с полносборными зданиями первого поколения. В основном эти здания сохранили достаточно высокую работоспособность основных конструктивных элементов, определя-

ющих их срок службы (фундаменты, стены, перекрытия) при ухудшающихся теплотехнических и звукоизоляционных качествах ограждающих конструкций. Но эстетические и архитектурно-художественные свойства они практически не сохранили [10].

Процесс комплексной реконструкции застройки с целью повышения качеств типовых объектов в условиях проектирования и в рамках научного исследования разделен на основные этапы:

1 этап: Системный анализ расположения квартала крупного города, доступность к центру города, местам трудовой деятельности, объектам социального и культурно-бытового обслуживания населения [10].

2 этап: Организация благоустройства городской территории, на которой размещается типовой объект либо группа типовых объектов, подвергающихся реконструкции [10].

3 этап: Организация архитектурно-планировочной структуры реконструируемого участка типовой застройки [10].

4 этап: Формирование архитектурно-пространственной структуры комплекса зданий, находящихся в структуре городской застройки, который включает в себя объекты типовой застройки [10].

Следует отметить, что обеспечение комплексного подхода при преобразовании типовой застройки с учетом оптимизации предполагает разработку архитектурно-планировочных решений с последующей разработкой проектных решений по каждому объекту рассматриваемого массива. В число возможных вариантов стратегического преобразования типовой застройки входит последовательная реконструкция, которая заключается в проведении выборочных мероприятий по одному или нескольким элементам сложившегося района. Это могут быть различные виды ремонта отдельных сохраняемых зданий или их сочетания в группе домов, строительство новых жилых и общественных зданий, реконструкция участков подземных коммуникации, благоустройство дворов и т.п. В результате проведения такого рода реконструкции достигается улучшение городской среды и условий проживания, однако отдельные элементы планировки и застройки целостных градостроительных образований (кварталов, их групп, района) могут оказаться по отношению к действующим стандартам в разном качественном состоянии. Основой проведения последовательного преобразования должен быть периодически обновляемый перспективный проект реконструкции района, выполненный на основе методологического принципа комплексности [3].

Выводы

Таким образом, исследования показали, что реконструкция типовой застройки крупных городов складывается из переустройства ее основных крупнейших административных, жилых и промышленных комплексов. Возможность комплексной реконструкции типовых зданий с целью повышения качеств застройки крупных городов может достигаться

за счет градостроительного урегулирования, территориального развития и функционального соответствия застроенной территории [10].

Важным показателем является то, что стратегическая реконструкция получается выгоднее, чем новое строительство, потому что не требует затрат на приобретение и освоение земельного участка, исключает стоимость элементов здания, которые используются: стен, кровли, частично перекрытий, инженерных сетей. При реконструкции преобладает принцип сохранения старой застройки, которая сложилась исторически. Возникшая необходимость рассматривать реконструкцию не как замену старого города новой застройкой, а как его приспособление к современности. Полная реконструкция типового здания целесообразна в тех случаях, когда процент его износа обеспечивает ему жизнеспособность на 30 и больше лет. При этом внутреннее планирование и благоустройство дома после реконструкции должны быть доказаны к уровню современных требований.

Реконструкция типовой застройки рассматривается как важный фактор преобразования городской среды, которая решает проблемы морального и физического износа зданий. Выбор направленности преобразования типовой застройки зависит от социально-экономических задач, которые определяются характером типовой застройки. Планировочные решения заключаются в исследовании отдельных объектов, магистралей улиц и дорог, которые взаимосвязаны общей планировочной структурой крупного города [2, 4, 10].

Обеспечение комплексного подхода при преобразовании типовой застройки с учетом оптимизации предполагает разработку архитектурно-планировочных решений с последующей разработкой проектных решений по каждому объекту рассматриваемого массива. При этом оптимальный вариант преобразования позволяет определять для каждого здания конкретные варианты преобразования из множества возможных. В число возможных вариантов преобразования жилой застройки входит последовательная реконструкция, которая заключается в проведении выборочных мероприятий по одному или нескольким элементам сложившегося района [1, 3, 10].

Библиографический список

1. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1999. – 315 с., С. 210-214.
2. Кутуков В.Н. Реконструкция зданий. – М.: Высшая школа, 1981. – 267 с.
3. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки крупных городов: Сборник научных трудов «Актуальные проблемы городского строительства и хозяйства». – М.: МГСУ.2001.

4. Миловодов Н.Н., Осин В.А., Шумилов М.С. Реконструкция жилой застройки: Учебное пособие. – М.: Высшая школа.1980. – 137с.
5. Реконструкция центров исторических городов. – К.: Будівельник, 1974. – 100 с.
6. Радионов Т.В., Репродуктивный метод реконструкции объектов типовой застройки / Т.В. Радионов // Сучасні проблеми архітектури і містобудування. – К.: КНУБА, 2013. - Вип. 33. - С. 325-330.
7. Смоляр И.М. Принципы градостроительного проектирования и предложения по разработке генеральных планов городов в новых социально-экономических условиях. – М.: РААСН. 1995. – 296 с.
8. Соколов В.К. Модернизация жилых зданий. – М.: Стройиздат. 1986. – 365 с.
9. Товстенко Т.Д. Реконструкция исторической застройки городов. – К.: Будівельник, 1984. – 72 с.
10. Радионов Т.В., Рекомендации по реконструкции объектов типовой застройки / Т.В. Радионов // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2013. - Вип. 49. - С. 325-330.

КОНСТРУКЦИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБЖАТЫХ ТРУБОБЕТОННЫХ КОЛОНН ГОРОДСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ*

В последнее время в экономически развитых странах мира все чаще успешно используются стержневые вертикальные несущие элементы, обладающие высокой несущей способностью, надежностью и долговечностью при малых поперечных сечениях. К указанным элементам относятся, прежде всего, трубобетонные колонны, представляющие собой композитные конструкции из стальной трубы, заполненной бетоном.

В работах Кришана А.Л. показано, что трубобетонные элементы классической конструкции имеют существенный конструктивный недостаток. Он заключается в сложности обеспечения совместной работы бетонного ядра и внешней стальной оболочки при эксплуатационных нагрузках. В результате оболочка включается в работу в качестве стальной обоймы только после начала процесса микротрещинообразования в бетоне. Это отрицательно влияет на эффективность работы трубобетон-

* *Наркевич М.Ю. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Челябинская область*

ных колонн (ТБК). Кроме того, в местах передачи нагрузок на колонну от перекрытий может оказаться недостаточным сцепление между бетонным ядром и стальной оболочкой.

Для преодоления данного недостатка ТБК предлагается изготавливать с предварительным обжатием бетонного ядра в поперечном направлении (ПО ТБК).

Для изготовления лабораторных образцов ПО ТБК в зависимости от используемого способа длительного прессования бетонной смеси использовались два варианта специально сконструированной установки (рис. 1).

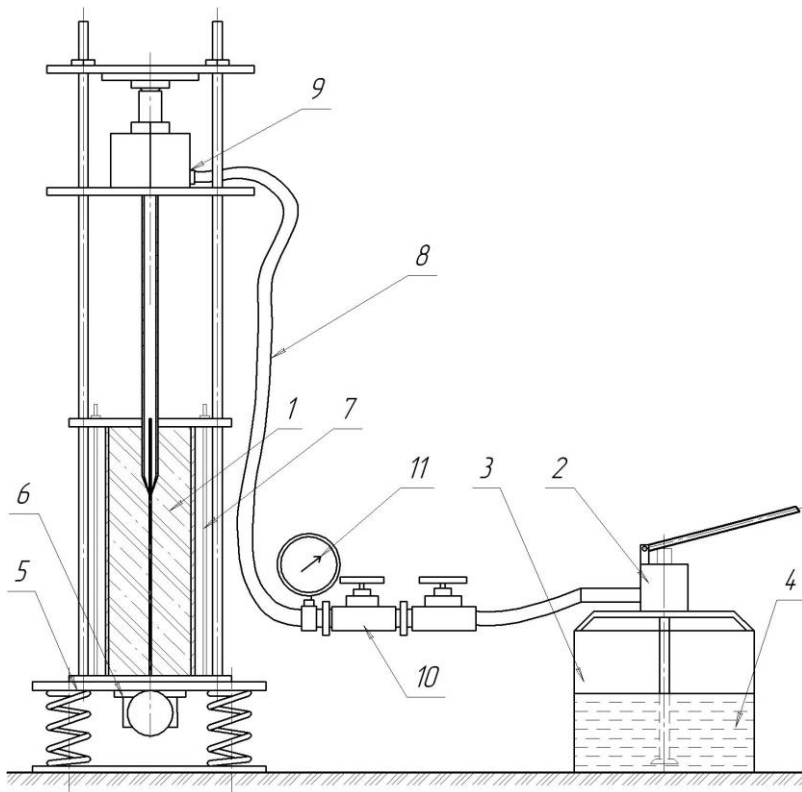


Рис. 1. Установка для изготовления ПО ТБК с внутренним стальным трубчатым сердечником:

- 1 – образец; 2 – насос; 3 – емкость для рабочей жидкости; 4 – рабочая жидкость;
- 5 – вибростол; 6 – электродвигатель с дисбалансом; 7 – стальные тяжи;
- 8 – шланг высокого давления; 9 – домкрат; 10 – вентиль высокого давления;
- 11 – манометр для контроля давления в системе

Данная установка позволяет изготавливать элементы из опрессованного бетона практически любых размеров. По конструкции она достаточно проста и состоит из следующих основных компонентов:

- насосная станция;
- маслостойкие шланги высокого давления для транспортирования рабочей жидкости (в качестве рабочей жидкости используется моторное масло);
- вентили высокого давления для отсекаания насоса;
- манометр для измерения избыточного давления в системе;
- вибростол;
- жесткий каркас из четырех стержней.

Для изготовления опытных образцов применялась технологическая оснастка, которая состояла из следующих вспомогательных частей:

- стальные тязи;
- верхняя наборная крышка;
- нижняя наборная крышка;
- направляющий стержень;
- перфорированные трубки 1-й и 2-й стадий прессования.

Используемая технология позволяла изготавливать образцы с предварительно обжатым ядром и внутренним стальным трубчатым сердечником. Прессующее давление на бетонную смесь передавалось через вдавливаемые в нее перфорированные стальные трубки разного диаметра. Направляющий стержень предназначен для центрирования этих стальных трубок по геометрической оси образца. На боковой поверхности трубок с определенным шагом были просверлены отверстия диаметра порядка 1,5-2,2 мм в зависимости от диаметра самих трубок. Эти отверстия предназначены для более эффективного отвода отжимаемой из бетонной смеси воды. Верхняя наборная крышка состояла из нескольких пластин, которые по центру имели отверстия, по диаметру соответствующие диаметрам стальных трубок, вводимых в бетонную смесь. Диаметр отверстия в первой пластине соответствовал диаметру самой первой вводимой трубки, диаметр отверстия во второй пластине – соответственно диаметру второй вводимой трубки и т.д. Нижняя наборная крышка состояла из двух пластин, одна из которых имела диаметр, соответствующий максимальному диаметру, вводимой в бетонную смесь трубки и закрывающей пластины без отверстий, обеспечивающей герметичность внутреннего пространства. Общий вид верхней и нижней наборных крышек показан на рис. 2.

Изготовление лабораторных образцов ТБК производилось на стенде следующим образом. Первоначально к стальной внешней трубе временно крепилась нижняя наборная пластина, которая по краям имела четыре отверстия для пропуска стальных тязей. Центровку верхней и нижней наборных пластин и трубы обеспечивали стальные направляющие,

наваренные по окружности трубы. Затем труба с нижней наборной пластиной надежно закреплялась на вибростоле болтами. Коаксиально трубе устанавливался направляющий стержень диаметром 10 мм. Проектное положение направляющего стержня в трубе обеспечивалось центральными отверстиями в верхней и нижней наборных пластинах.

После этого труба послойно (по 150-200 мм) заполнялась бетонной смесью. Уплотненная вибрированием смесь по окончании формирования закрывалась верхней наборной пластиной. Нижняя и верхняя наборные пластины стягивались стальными тяжами.

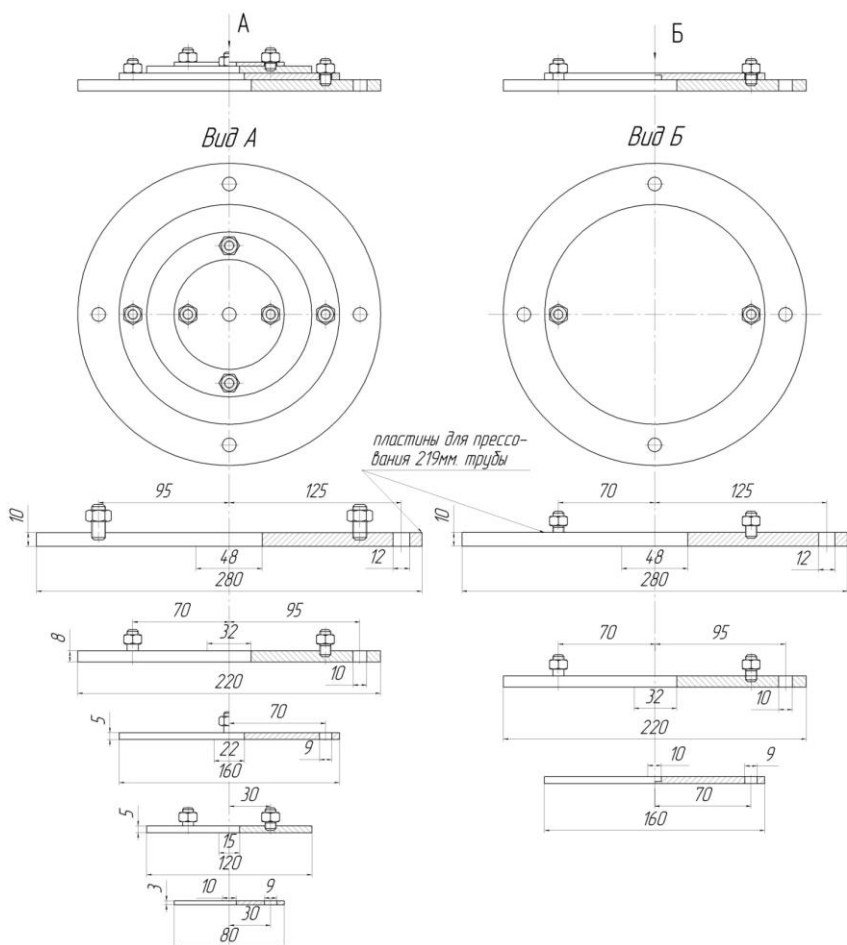


Рис. 2. Наборные пластины:
а – верхняя; б – нижняя

По истечению времени, необходимого для начала схватывания цемента, начинался процесс прессования, который проходил в три стадии для образцов с диаметрами сечений 106, 115 и 159 мм и в четыре стадии для образца диаметром 219 мм. Технология прессования и стадии изготовления показаны на рис. 3. На направляющий стержень насаждалась первая перфорированная трубка диаметром 15 мм, конец которой был заострен под диаметр направляющего стержня (I стадия). Трубка вдавливалась в бетонную смесь по направляющему стержню со скоростью порядка 5-10 мм/с.

В процессе раздвижки и уплотнения бетонной смеси, в ней создавалось избыточное давление. При этом отжимаемая из смеси вода через отверстия на боковой поверхности трубки устремлялась в ее полость. По внутренней полости трубки, а также через щели между наборными пластинами и внешней трубчатой оболочкой вода выводилась наружу. После того как вода переставала отжиматься, начинали вторую стадию прессования. В бетонную смесь вводили перфорированную трубку диаметром 22 мм, которая создавала большее по величине прессующее давление и отжимала еще какое-то количество воды. Затем образец подвергали третьей стадии прессования. В этой стадии отжатия воды уже практически не наблюдалось. Через бетонную смесь прессующее давление передавалось на стальную внешнюю трубу-оболочку и создавало в ее стенках предварительные растягивающие напряжения.

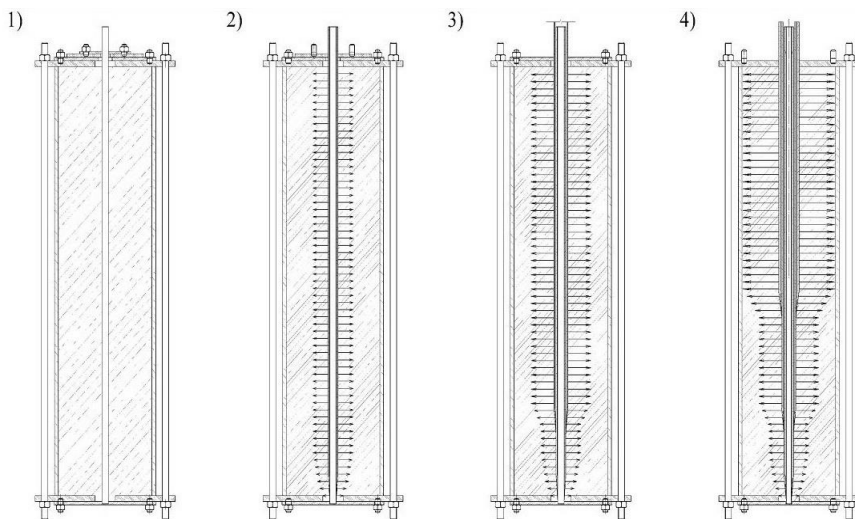


Рис. 3. Этапы изготовления образца:

1 – заполнение трубы бетонной смесью; 2 – I стадия прессования трубкой $\varnothing 15$ мм; 3 – II стадия прессования трубкой $\varnothing 22$ мм; 4 – III стадия прессования трубкой $\varnothing 32$ мм (для трубы $\varnothing 159$ мм – конечная, для трубы $\varnothing 219$ мм применяли IV стадию прессования трубкой $\varnothing 48$)

В образцах диаметром 159 мм внутренняя трубка диаметром 32 мм не имела перфорации стенок. Ее оставляли в бетонном ядре в качестве стального сердечника, исключая возможность распрессовки бетона.

Прессование образцов диаметром 219 мм проходило в четыре стадии. Три стадии прессования были аналогичны образцам диаметром 159 мм. Только в третьей стадии трубка 32-го диаметра применялась перфорированной. В четвертой стадии в уплотненную смесь вдавливалась трубка диаметром 48 мм без перфорации, которая затем служила стальным сердечником бетонного ядра.

По истечении 48 часовой выдержки стальные тяжи ослаблялись, с образца снимались верхняя и нижняя наборные крышки, все перфорированные трубки извлекались. После зачистки торцов образцы закрывались торцевыми крышками, имеющими размеры, соответствующие наружному диаметру образца. Крышки приваривались к трубе, за счет чего бетон ядра находился в условиях, благоприятных для твердения.

При осуществлении прессования бетонной смеси посредством пустотообразователя схема установки мало чем отличалась от изображенной на рис. 1. Единственным принципиальным отличием здесь являлось наличие пустотообразователя на месте направляющего стержня и внутренних стальных трубок. Создание прессующего давления осуществлялось за счет нагнетания масла во внутреннюю полость пустотообразователя.

Конструкция пустотообразователя показана на рис. 2 и 3. Стальная перфорированная трубка служит для придания пустотообразователю необходимой жесткости. Для восприятия продольных усилий, возникающих от действия давления внутри резинового рукава, торцы у пустотообразователя выполнены по типу концевых неразъемных соединений шлангов высокого давления. Характеристики используемых в данной работе пустотообразователей приведены в табл. 1 (обозначения приняты по рис. 2).

Таблица 1

Характеристики пустотообразователей

Марка пустотообразователя	Геометрические размеры, мм			Рабочее давление, МПа
	L	L ₀	D	
П600	800	580	40	5,0
П1000	1200	980	40	7,0

Изготовление лабораторных образцов ТБК производилось следующим образом. Первоначально к стальной трубе временно крепилась нижняя торцевая пластина, у которой в центре имелось отверстие для фиксации положения пустотообразователя, а по краям шесть отверстий для вставки тяжей. Центровка торцевой пластины производилась совмещением предварительно нанесенных рисок на ней и трубе.

Затем труба с нижней торцевой пластиной устанавливалась и надежно закреплялась на вибростоле болтами. Сверху в нее по продольной оси вставлялся пустотообразователь, предварительно обернутый фильтрующей тканью, которая защищала резиновый рукав от возможных повреждений и одновременно фильтровала отжимаемую воду. Коаксиальность пустотообразователя в трубе кроме отверстия в нижней торцевой пластине, обеспечивали специальные центрирующие устройства в верхней части.

На третьем этапе труба послойно (по 150-200 мм) заполнялась бетонной смесью и уплотнялась вибрированием. По окончании процесса формирования бетонной смеси труба закрывалась верхней торцевой пластиной. Нижняя и верхняя торцевые пластины стягивались стальными тросами.

Отформованный образец с помощью тельфера транспортировался в зону, в которой располагалась установка для прессования, и устанавливался на специальный подиум в вертикальном положении. После начала схватывания цементного теста в пустотообразователе нагнеталась рабочая жидкость, за счет чего в нем создавалось избыточное давление порядка 0,5-1,0 МПа. Стенки резинового рукава под воздействием давления растягивались и опрессовывали бетонную смесь. В продольные прорезы на пустотообразователе через фильтрующую ткань устремлялась отжимаемая из бетонной смеси вода. По этим прорезам, а также через щели между торцевыми пластинами и трубой вода выводилась наружу. После отжатия воды давление со скоростью приблизительно 0,1 МПа/мин доводилось до проектного (5-7 МПа), вентили высокого давления запирались. При этом через бетонную смесь прессующее давление передавалось на стальную внешнюю трубу, растягивая ее стенки. Вследствие этого происходило предварительное напряжение стальной оболочки.

Для контроля величины растяжения стенок оболочки на нее были наклеены и герметизированы электротензорезисторы с базой 5 мм. Показания с электротензорезисторов снимались с помощью прибора АИД-1М. В таком состоянии образец находился 48 часов.

После выдержки изготавливаемого элемента в течение необходимого времени давление в пустотообразователе постепенно (за 10-20 минут) снижали до атмосферного. Резиновая оболочка пустотообразователя возвращалась в исходное положение, и он легко извлекался. В этот момент наблюдалось снижение напряжений в стальной оболочке (на 5-17%), которое фиксировалось прибором АИД-2М. Тяжи ослаблялись, и снимались верхняя и нижняя торцевые пластины. После зачистки торцов изготовленного образца к нему приваривались сплошным швом торцевые крышки, за счет чего бетон ядра находился в условиях, благоприятных для твердения.

Таким образом, разработаны новые технология, установка и оснастка для изготовления трубобетонных элементов с предварительно обжатым ядром, позволившие обеспечить эффективный отвод отжимаемой из бетонной смеси воды, что положительно сказалось на физико-механических свойствах прессованного бетона.

Библиографический список

1. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – №4, 2009. - С. 75-80.
2. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром: Монография – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 372 с.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ШЛИФОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ НАТУРНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ*

Проведение обследований металлоконструкций зданий и сооружений предполагает определение параметров прочностных свойств сталей из которых они состоят. Неразрушающими методами контроля это осуществляется приборами типа МЕТ-УД или ТЭМП. Данные портативные твердомеры позволяют определить твердость стали в натуральных условиях на подготовленных шлифах и получить относительное значение временного сопротивления. Согласно паспортным данным приборов качество шлифов должно отвечать требованиям по шероховатости поверхности – не более 2,5 Ra у ТЭМП и 3,2 Ra у МЕТ-УД, что соответствует 5 классу шероховатости. Тогда полученные результаты могут считаться корректными. Рекомендуется при подготовке поверхности мест измерений шлифовка шлифмашинкой или напильником с мелкой насечкой и последующая дошлифовка шкуркой с мелким зерном.

Но работа по подготовке поверхности конструкций для измерений в натуральных условиях сопряжена с определенными трудностями. Эксплуатируемые конструкции, особенно длительный период времени, часто подвержены коррозии различной степени и наслоениям пыли. К тому же поверхность самого металла имеет существенные неровности связанные

* Шаповалов Э.Л. Замушинская Д.А. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ОАО «Магнитогорск-гражданпроект», г.Магнитогорск, Челябинская область

с качеством проката. Определить допустимую шероховатость шлифа на месте портативным прибором типа TR200. Но на условия работы с ним на конструкциях может оказывать влияние наклонность конструкций, работа в труднодоступных, высотных участках и т.д.

Исходя из выше сказанного, определить качество шлифа с допустимой шероховатостью визуально, можно провести соответствующие исследования. Для этого были подготовлены пять пластин из стали марки Ст2сп листового проката длиной до 500 мм и толщиной 10 мм с тремя участками различного качества подготовки поверхности (рис. 1).

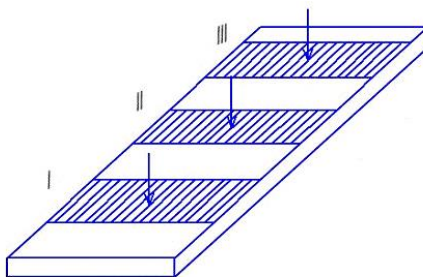


Рис. 1. Схема образца для исследований

При уменьшении размеров абразивных частиц, снижается глубина рисок поверхностного слоя, полученного в результате шлифования. В зависимости от примененных абразивных материалов участки условно разделили на три вида по качеству поверхности. Используемые абразивные материалы в виде шлифовальных шкур с различной зернистостью соответствовали ГОСТ 6456-75 и 10054-75 (рис. 2):

I – грубый шлиф обработан шлифовальной шкуркой с размером абразивных частиц 200-160 и 160-120 мкм;

II – средний шлиф – с размером абразивных частиц 80-63 мкм;

III – гладкий шлиф – с размером абразивных частиц 28-20 мкм.

Ra – является наиболее часто используемым параметром шероховатости поверхности материалов в мкм. Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины линии выступов на поверхности.

Для определения параметров шероховатости поверхности металла и проверке соотношений результатов использовались два прибора: переносной TR200 и стационарный MarSurft PS1 (рис. 3).

Прибором TR200 на каждом шлифе на разных участках были проведены не менее пяти испытаний и на экране выводилось среднее значение Ra. Работа MarSurftPS1 ведется на определенном участке с параметрами: длина трассы – 6 мм, ширина – 1 мм, интервал между дорожками – 20 мкм, количество трасс – 51. Автоматически компьютер выводит диаграмму каждой дорожки и считывает Ra. На рис. 4 представлены характерные 3D-модели поверхностной шероховатости построенные программным микроскопом с показательной разницей качества поверхности на различных участках образца.



I – грубый шлиф

II – средний шлиф

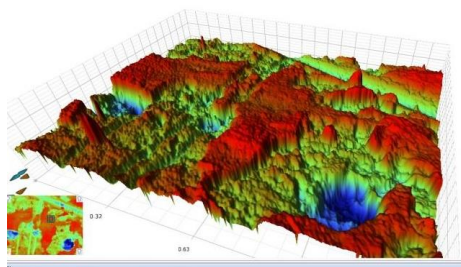
III – гладкий шлиф

Рис. 2. Шлифы с различным качеством поверхности

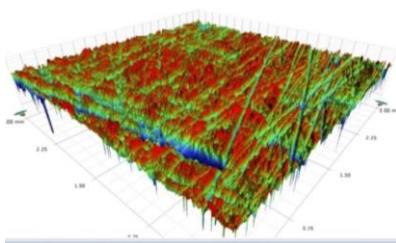


Рис. 3. Переносной прибор TR200 и стационарный MarSurfPS1

Необработанная поверхность



I – Грубая шлифовка



III – Гладкая шлифовка

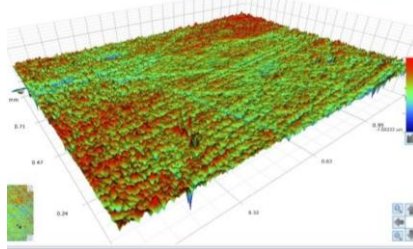


Рис. 4. 3D-модели поверхностной шероховатости на участках образца

В табл. 1 указаны параметры шероховатости на участках с различной подготовкой поверхности.

Таблица 1

Номер образца	Номер шлифа	Ra (TR200)	Ra (MarSurft XR20)
1	I	2,252	2,151
	II	0,976	-
	III	0,187	0,161
2	I	1,569	1,472
	II	0,875	-
	III	0,17	0,307
3	I	1,395	1,153
	II	0,931	-
	III	0,164	0,176

Номер образца	Номер шлифа	Ra (TR200)	Ra (MarSurft XR20)
4	I	1,333	1,461
	II	0,98	-
	III	0,221	0,189
5	I	1,521	1,70
	II	1,25	-
	III	0,232	0,422

Шероховатость трех шлифов находится в пределах от 0,17-1,7 Ra, что вполне укладывается в рамки требований для переносных твердомеров с предельным значением не более 2,5 Ra.

Измерения твердости производилось по шкале Бринелля (HB) двумя портативными твердомерами ТЭМП-4 и МЕТ-УД с динамическими датчиками (рис. 5).



Рис. 5. Портативные твердомеры ТЭМП-4 и МЕТ-УД

Результаты, приведенные на диаграммах, показывают, что независимо от параметров шероховатости поверхности шлифов, значения твердости остаются в пределах небольшой области разброса 10-15% (рис. 6).

Поэтому практика применения твердомеров при натурном освидетельствовании конструкций может ограничиваться использованием относительно крупнозернистых абразивных материалов при подготовке шлифов для измерений. Это ускорит процесс обследования конструкций и не повлияет на корректность полученных результатов.

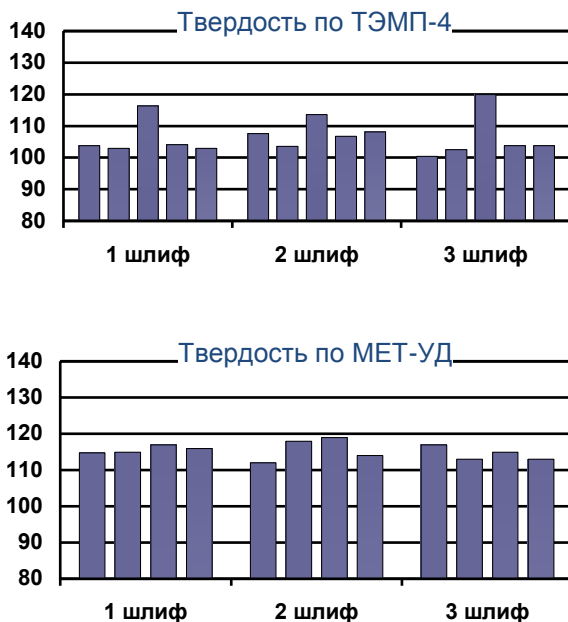


Рис. 6. Диаграммы твердости НВ по шлифам

ВЫЯВЛЕНИЕ ПОЛОСТЕЙ ПОД БЕТОННЫМИ ПЛИТАМИ КРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ*

В гидротехническом строительстве (и не только) достаточно часто для крепления и защиты откосов грунтовых сооружений применяют покрытия из монолитных или сборных бетонных и железобетонных плит. В процессе длительной эксплуатации под плитами могут образовываться значительные полости. Это происходит, в основном, вследствие развития дефектов, возникших из-за нарушения строительной технологии, нарушений дренажа гребня и тела грунтового сооружения, осадок основания,

* Штенгель В.Г., Недялков В.С. ОАО «ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева,
г. Санкт-Петербург

фильтрации воды через межплитные швы, естественной просадки грунта из-за уплотнения при увлажнении (бетонные крепления откоса по всей площади конструкции не бывает идеально герметичны), при колебаниях крепления из-за волнового воздействия и других причин. Эти полости могут привести к деформациям и обрушению провисшего крепления и к последующему разрушению откоса [1] (рис. 1, 2).



Рис.1. Разрушение насыпного борта деривационного канала Земо-Авчальской ГЭС над дюкером

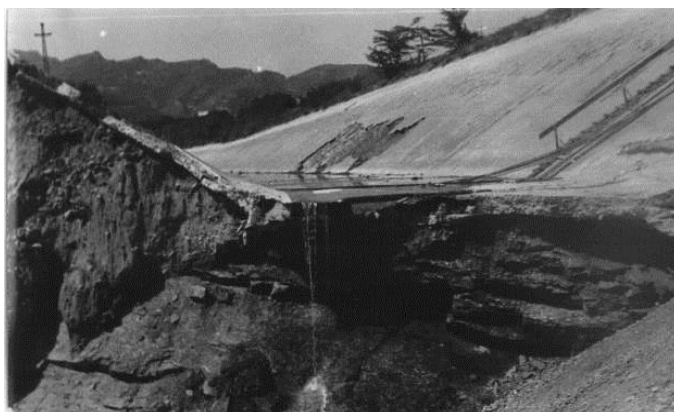


Рис.2. Разрушение ложа деривационного канала Земо-Авчальской ГЭС

Оценку состояния плит крепления можно выполнить на основании анализа двух блоков информации:

- информации о наличии и размерах полостей под плитами, об их расположении относительно центров плит и швов между плитами;

– информации о характеристиках плит над полостями, позволяющих выдерживать внешнюю нагрузку без деформаций. В комплекс характеристик включаются фактические геометрические размеры плит с конкретизацией толщины участка над полостью, наличие, расположение и глубина трещин в плите, толщина разрушения поверхностного слоя, фактические физико-механические характеристики бетона, пространственное расположение арматуры, состояние межплитных швов. Частично эти вопросы регламентированы в СТО 17330282.27.140.003-2008 [2].

При этом для оценки состояния плит используется диагностический синергизм (синергизм в данном случае означает превышение совокупным результатом суммы слагающих его факторов при совместном использовании комплекса методов контроля). Отметим, что для неметаллических конструкций наиболее широко применяемые методы контроля – это методы неразрушающего контроля (МНК), использующие, прежде всего, качественный анализ аномалий косвенных информационных параметров.

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией технологии выявления полостей под плитами крепления надводной части сооружений.

Обычно выявление полостей проводится акустическим методом путем простукивания плит. Выбор зоны простукивания осуществляется после анализа результатов визуального обследования (рассматриваются наличие, расположение, системность и концентрация ориентированных трещин на внешней поверхности плит; локальные изменения профиля крепления в виде внешнего прогиба или выпучивания, разновысотности соседних плит в швах, рис. 3-5).



Рис.3. Просадка плиты крепления откоса. Образование трещин на поверхности плиты

Рис. 4. Просадка плит участков крепления откоса, изменение профиля откоса



Рис.5. Осадка грунтового основания под плитой. Образование полости между плитой и основанием.

Однако акустические исследования плит крепления откосов не всегда легко осуществимы (в зависимости от возможности свободного доступа из-за крутизны откоса) и не всегда достоверны. Результаты часто носят субъективный характер (зависят от человеческого фактора, от толщины плиты, расслоения бетона в плите, состояния поверхностного слоя бетона и др.), по характерному звуковому отклику («бухтению») нет возможности

различить характер расслоения плит и основания: зазор по площади участка плиты или объемная полость. В ряде случаев выполняется контрольное перфорационное вскрытие плит с зондированием основания тонким щупом через отверстия или через раскрытые межплитные швы. Выполнить сплошной контроль на всей длине протяженных откосов сложно, а при значительных уклонах или на вертикальных стенках, практически невозможно. Разрабатываемые ранее методы инструментального контроля (виброакустический, сейсмоакустический, ультразвуковой и др.) не нашли широкого практического применения из-за сложности выполнения исследований и анализа результатов. Кроме того, применение этих методов носит дискретный характер и поэтому они не могут быть использованы для сплошного контроля протяженных конструкций.

В последнее время активно внедряемый геофизический контроль плит с помощью метода георадиолокации при использовании георадара также ограничен по производительности контроля, а техническая возможность контроля часто зависит от величины уклона откоса. Кроме того, фактическая толщина монолитных плит может значительно отличаться от проектной и быть переменной на контролируемом участке. Фактическое расположение арматуры также достаточно часто произвольно. Донная поверхность плит при укладке бетонной смеси непосредственно на грунтовое основание часто срашивается со слоем гравия обратного фильтра, что резко увеличивает шероховатость поверхности (рис. 6).



Рис. 6. Керн из монолитной бетонной плиты крепления грунтового откоса водохранилища. Состояние донной поверхности плиты – при бетонировании обратный фильтр вошёл в состав структуры бетона плиты

Из-за технологических особенностей бетонирования монолитных плит и особенностей эксплуатации крепления откосов (воздействие солнечной радиации, подверженность внешним атмосферным и волновым воздействиям, повреждение поверхностного слоя процессами промерзания-оттаивания и от ледовых воздействий) структура бетона по толщине плит на разных участках протяжённого крепления может значительно различаться. Эти факторы значительно усложняют анализ полученных результатов и снижают их достоверность.

Сплошное георадиолокационное профилирование протяженных конструкций нецелесообразно и экономически невыгодно. Оно эффективно для контроля отдельных подозрительных потенциально опасных участков крепления.

Один из современных МНК зданий и сооружений, предлагаемых в данном случае, – тепловой метод, основывающийся на получении термограмм исследуемой поверхности участков сооружений, нагреваемых солнцем, может быть при определённых условиях применён для выявления полостей под бетонными плитами крепления откосов.

Как и для всех МНК при внешней простоте использования, достоверность получаемой информации в значительной степени зависит от квалификации оператора и влияния различных факторов на получение и анализ первичной информации. Эти факторы можно условно разбить на 2 основные группы.

1. Возможность формирования регистрируемого контраста температур на поверхности плит над границами участков ненарушенного крепления с участками расслоения грунтового основания и плит. Условия формирования зависят от многих причин: особенности самих плит (плотность структуры материала по сечению, толщина плиты), толщины воздушной прослойки между плитой и основанием (в отличие от объемной полости, отслоение в виде зазора неравномерно по площади и в пределах общей площади расслоения имеются отдельные локальные контакты основания с плитой), характера и структуры основания (гравий, песок, коренные породы) и его влажности, характера нагрева и остывания плит (сезонность исследований, азимутальность положения плит по отношению к солнцу, влияние фоновых воздействий, в том числе и от воды).

2. Возможность надежной инструментальной фиксации температурного контраста на границе дефектного и бездефектного участков крепления. Она зависит от влияния фоновых факторов (близость воды, ветер и др.), угла между плитой и осью тепловизора, допустимого расстояния от тепловизора до плит, постоянства выдерживания этого расстояния по всей длине контролируемого участка крепления, диапазона времени обследования в течение суток и, естественно, от технических характеристик используемого тепловизора.

Для исследования был выбран комбинированный метод, основанный на получении на первом этапе тепловых характеристик объекта с помощью тепловизора с последующим анализом термограмм, полученных от участков с предполагаемым наличием дефекта контакта плит-основание, выделением их из общего информационного поля по объекту. В дальнейшем на втором этапе осуществляется их дискретный контроль при помощи апробированных методов. При этом для анализа используется метод сравнительной термографии. Эта качественная термография обычно не требует знания радиометрических значений температур. Она позволяет сравнивать контрасты тепловых изображений похожих компонентов. Таким образом, локализуется зона дальнейших исследований протяженных крупноразмерных объектов, что приводит к повышению производительности детального обследования.

Метод тепловизионного контроля приемлем при допущении, что объект, представляющий систему «грунтовое основание – контактная зона – бетонная плита крепления откоса», не содержит отслоений. В этом случае в системе устанавливается кусочно-однородное температурное поле. Если в контактном пространстве произошли нарушения, т.е. образовалось отслоение бетонной плиты откоса, объем которого превосходит объем пор грунта, непосредственно контактирующего с плитой, то в контактном пространстве (в зоне отслоения) происходит локальное изменение температуры. Бетонные плиты крепления откосов подвержены нагреву от солнечного излучения. Обнаружить можно дефекты, у которых размеры, глубина залегания и теплофизические характеристики создадут на поверхности бетонной плиты местное контрастное повышение температуры, соизмеримое с температурной чувствительностью регистрирующего прибора. Измерения следует проводить в моменты проявления наибольшего температурного контраста дефектного и бездефектного участков. В результате теплового сканирования поверхности бетонных плит откосов получается наглядная картина температурного поля. Ошибки в определении абсолютного значения температуры не мешают определить контуры отслоения (дефекта) по температурному контрасту его на тепловом поле, так как анализу подвергаются результаты, полученные при обследовании соседних условно идентичных участков крепления. Соответственно, при данном предположении влияние всех внешних факторов одинаково и отслоение бетонной облицовки откосов четко выявляется по градиенту температур и, практически, не зависит от толщины воздушного пространства под плитами, так как теплопроводность воздуха в 60 раз меньше, чем теплопроводность бетона [4].

Проверка работоспособности метода в реальных натуральных условиях с учетом особенностей обследуемых конструкций и с отработкой методики тепловизионного обследования для повышения достоверности полученных результатов и снижения операторских ошибок, а также оши-

бок в интерпретации результатов выполнена на примере решения конкретной задачи на определённом объекте. Проведён поиск отслоений в контактных зонах «плита – основание» железобетонных креплений откосов грунтовой плотины Кубанского водохранилища протяженностью 6800 м, а также двух откосов нижнего бьефа шлюза-распределителя ГАЭС длиной по 200 м каждый (рис. 7).

Сооружения построены в 1968 году и неоднократно ремонтировались. Откосы плотины заложены под углом 26-30°, проектная толщина плит 200 мм. Основание под плитами – сухой песок, под швы плит уложен гравийный обратный фильтр. Тепловизионный доступ к плитам возможен с воды, т.е. с лодки. Угол заложения откосов берегов нижнего бьефа шлюза-распределителя 35-45°, проектная толщина монолитных плит 200 мм, сборных плит – 150 мм, грунтовое основание – сухой песок, под швы плит уложен гравийный обратный фильтр. Доступ к откосу осуществлялся с противоположного берега, с расстояния до 50 м. В период обследования (август 2011 г.) средняя дневная температура воздуха составляла +30°С. Ночная температура колебалась в пределах от +10 до +15°С. В период обследования было практически полное безветрие. Источник тепла – естественный солнечный нагрев. Плиты обследовались в двух тепловых режимах: на максимальном нагреве в дневное время (плиты над полостями более теплые, чем плотно лежащие на грунте) и на максимальном охлаждении в утреннее время (плиты над полостями более холодные, чем плотно контактирующие с грунтом, аккумулирующим при солнечном нагреве тепло).



Рис. 7. Тепловизионный контроль бетонных плит крепления откосов

В качестве средства измерения температурного поля был применен специализированный строительный тепловизор Fluke TiR 32, обладающий высокой температурной чувствительностью около $0,05^{\circ}\text{C}$ в рабочем диапазоне температур около 30°C . Абсолютная погрешность измеряемых температур не превышает $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Диапазон измеряемых температур от -20 до $+150^{\circ}\text{C}$. Прибор имеет высокую ударопрочность, что позволяет использовать его в сложных полевых условиях, карту памяти и синхронизированные камеру инфракрасного диапазона и фотокамеру видимого диапазона (2 мегапикселя). Общая масса прибора около 1 кг. Возможность синхронного отображения инфракрасного и видимого изображений на одном дисплее значительно ускоряет и упрощает идентификацию объектов путем сравнения термограмм контролируемых участков с видимым изображением той же плиты (рис. 8).

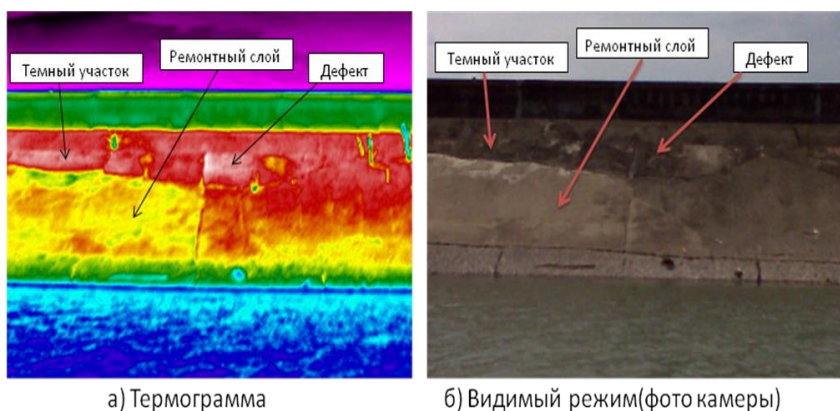


Рис. 8. Пример совмещения термограммы и видимого режима контролируемого участка откоса. Совокупность аномалий на термограмме, соответствующих участкам плиты с темной поверхностью, с ремонтным слоем и с непосредственно дефектом

При анализе термограмм (рис. 9) одновременно сравниваются соседние участки бетонного крепления откоса. При этом влиянием метеоусловий и временем съемки можно пренебречь. Однако при уменьшении теплового контраста дефектных и бездефектных участков возможность пропуска дефектов незначительной площади увеличивается.

Полученные результаты:

1. Нагрев плит в значительной степени зависит от угла падения солнечных лучей и от положения контролируемых участков относительно солнца.

2. Результат контроля зависит от угла между осью тепловизора и наклона плиты.

3. Интенсивность теплового излучения плит зависит от фактического нагрева и ветрового съёма тепла.

4. Параметр, максимально влияющий на достоверность информации по контрасту температур смежных участков, – изменение толщины монолитных плит.

5. Обследовались соседние участки откосов, поэтому постоянно действующими факторами можно было пренебречь.

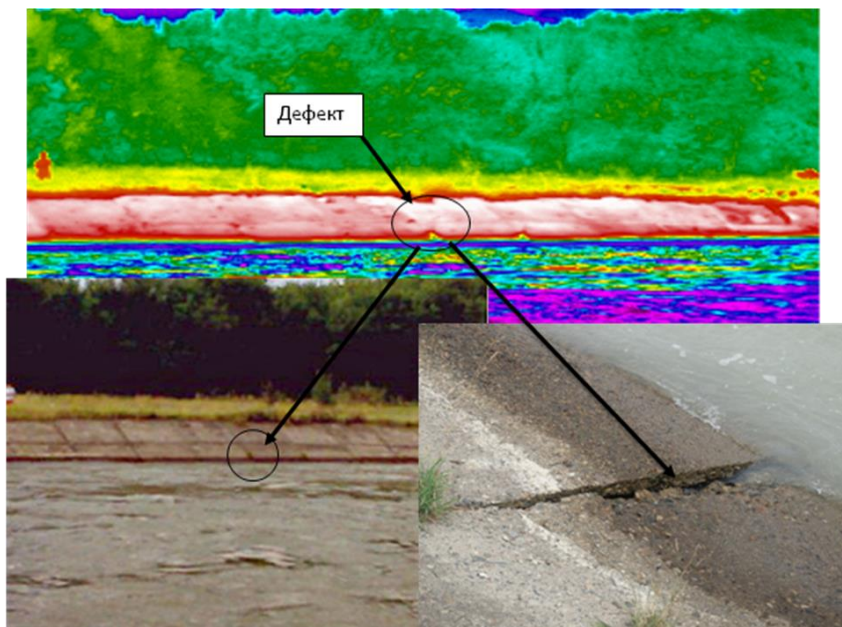


Рис. 9. Пример выявления дефекта
(расслоение бетона и грунтового основания)
по локальному изменению палитры термограммы

На термограммах четко выделяются аномальные тепловые пятна (см. рис. 8), которые часто оказываются пятнами бетона другого цвета, участками плит, обросшими мхом, с разрушениями поверхностного слоя, плитами со следами ремонта ("набетонкой" на повреждённую поверхность), остатками ремонтного состава на поверхности плит и т.д., что отчётливо просматривается и фиксируется по видеоизображению. На практике только по термограмме (без видеоизображения) сразу выделить участки поверхности откосов, которые можно интерпретировать, как имеющие отслоения от грунта, достаточно сложно. При совместном анализе синхронизированных термограмм с видеоизображением после от-

браковки заведомо ложной информации, связанной с локальным изменением поверхности бетона, принималось решение о необходимости дальнейшего исследования подозрительного участка. Удалось выявить ряд участков крепления откосов, которые были отнесены к дефектным. При контрольной проверке с помощью ударов молотка на этих участках проявлялось характерное «бухтение» на фоне соседних бездефектных зон, которые под ударом молотка «звенели». На приведенных рисунках тепловые аномалии (пятна) отчетливо видны. На синхронизированных снимках теплового и видимого изображения видны элементы поверхности, которые являются ложными тепловыми пятнами. В процессе обследования плотины протяженностью 6,8 км, было выявлено около двухсот участков плит с предполагаемым наличием отслоений. При последующем простукивании плит проблемных участков факт отслоения подтвердился на 99 участках (около 50% от общего количества участков с тепловой аномалией).

Анализ термограмм по всей длине сооружений показал определенную системность расположения дефектов. Максимальная концентрация участков отслоений наблюдалась вдоль верхней кромки откосов и вдоль температурно-осадочных швов. Это, в принципе, соответствует последствиям одного из основных факторов образования отслоений и полостей – просадке верхней части грунтовых плотин из-за естественного уплотнения грунта основания, усугубленной периодическим увлажнением атмосферными осадками и волновыми воздействиями, а также из-за нарушений дренажных систем грунтовых плотин и гидроизоляции швов в дренажных и водоотводящих конструкциях.

Выводы

1. Тепловизионный способ выявления дефектов бетонного крепления откосов грунтовых сооружений в виде расслоения плит крепления с основанием при определенных условиях обследования при высокой производительности обеспечивает наглядность расположения дефектных участков, их формы и площади.
2. Локализация проблемных зон на общем фоне крепления позволяет значительно сократить объем и стоимость детальных исследований (акустических с помощью простукивания плит и инструментальных, в основном, с помощью георадиолокационных с использованием георадаров).
3. На рассматриваемом примере демонстрируется, что при методе общего нагрева композитной строительной конструкции с использованием условно активного режима тепловизионного обследования (во время нагревания) из-за локальных неоднородностей различного типа наружной поверхности бетона возможно получение большого количе-

ства ошибок при интерпретации полученных информационных аномалий в отраженном тепловом поле. Количество этих ошибок снижается при получении и анализе идентичных по расположению аномалий теплового поля в условно пассивном режиме, когда съёмка ведётся после прекращения интенсивного солнечного нагрева, а композитная строительная конструкция излучает накопленное в активном режиме тепло (в данном случае при остывании нагретых бетонных плит).

4. Ошибки идентификации дефектов (в данном случае расслоение композитных конструкций) в активном режиме значительно снижаются при анализе синхронных тепловизионного и видеоизображений одних и тех же участков контролируемой конструкции. Это позволяет увеличить объём полезной информации при работе в неблагоприятное для тепловизионной съёмки время.
5. При анализе результатов необходимо учитывать и отбраковывать заведомо ложные аномалии теплового поля участков сооружения, связанных с состоянием поверхностного слоя бетона или близостью маскирующих факторов: воды, растительности и др.
6. В процессе тепловизионного обследования часто встречающихся в гидротехнических сооружениях конструкций – бетонных креплений откосов грунтовых сооружений (плотины, каналы, и др.), более 50% аномалий теплового поля, полученных при активном режиме использования общего нагрева конструкций, связано не с дефектами в виде отслоения плит от основания, а с особенностями поверхностного слоя бетона и маскирующими факторами.
7. Практика показала, что проводить съёмки целесообразно не в период максимальной солнечной интенсивности или наименьшего ночного охлаждения, а позже, когда плиты по сечению будут более равномерны по температуре. Измерения следует производить в момент проявления наибольшего температурного контраста. Временной сдвиг во многом зависит от толщины плит, то есть от возможности аккумулировать тепло или холод, и от иных условий и, обычно, составляет 2-4 часа.
8. В дальнейшем для инструментальных исследований креплений предполагается совместное использование тепловизора и георадара. Предварительная тепловизионная локализация потенциальных участков отслоения позволит значительно сократить объём последующих георадарных исследований. Георадар, в свою очередь, позволит определить параметры отслоений [18].
9. Экспериментально подтвердилось, что для откоса грунтовой плотины отслоения грунтового основания от плит крепления в надводной части наиболее часто встречаются вдоль верхней кромки гребня плотины и под температурно-осадочными швами между плитами.

10. Анализ системности дефектов показал, что для насыпных грунтовых сооружений причинами отслоений следует считать естественную просадку грунта в послестроительный период и локальную осадку грунта (песчаного) основания из-за уплотнения за счёт увлажнения, вызванного нарушением гидроизоляции температурно-осадочных швов между плитами, нарушений дренажных систем сооружений и водосборных лотков на гребне плотины.

Библиографический список

1. Штенгель В.Г. Особенности применения методов и средств неразрушающего контроля элементов гидротехнических сооружений: Сб. науч. тр. «Предотвращение аварий зданий и сооружений» / Под ред. К.И. Еремина, вып. 10. – М., 2011. – С. 24-42.
2. СТО 17330282.27.140.003-2008 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. (Приложение Е. Рекомендации по проведению наблюдений и исследований креплений откосов грунтовых сооружений и береговых склонов.) ОАО РАО №ЕЭС России». – 2008 г.
3. Яльшев Ф.Х. К вопросу о бесконтактных измерениях температур строительных конструкций гидротехнических сооружений инфракрасными приборами // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1990. Т. 221. – С. 46-52.
4. Обнаружение воздушных полостей под бетонными покрытиями тепловым методом / В.И. Горбунов, Б.Н. Епифанцев, Г.Х. Гефле, М.М. Немирович-Данченко. – Дефектоскопия, 1980, №11. – С. 109-111.
5. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Пер. с франц. – М.: Мир, 1989. – 416 с.
6. Яльшев Ф.Х. Оптические методы контроля зданий и сооружений: Контроль качества теплозащиты. – Л.: Стройиздат, 1989. – 80 с.
7. Дубовик Л.Я., Долгов В.А. Об использовании термографических методов для диагностики гидротехнических сооружений // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1990. Т. 221. - С. 52-55.
8. Возможности использования ИК-радиометров по выявлению внутренних неоднородностей строительных конструкций гидротехнических сооружений / И.В. Карманов, В.И. Хорьков, Л.Я. Дубовик, В.А. Долгов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1990. Т. 221. – С. 69-73.
9. Вавилов В.П., Александров А.Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. – М.: НТОР «Энергопрогресс», 2003. – 76 с.
10. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. – М.: Стройиздат, 1987. – 240 с.

11. Тепловой неразрушающий контроль изделий: Научно-методическое пособие / О.Н. Будадин, А.И. Потапов, В.И. Колганов, Т.Е. Троицкий-Марков, Е.В. Абрамова. – М.: Наука, 2002. – 472 с.
12. Вавилов В.П., Горбунов В.И. Тепловые методы неразрушающего контроля многослойных структур. – Дефектоскопия, 1981, №4. – С. 5-22.
13. Неразрушающие методы испытания бетона / Под ред. О.В. Лужина: Совм. изд-во СССР – ГДР. – М.: Стройиздат, 1985. – 236 с.
14. Будадин О.Н., Абрамова Е.В., Троицкий-Марков Т.Е. Комплексный тепловой контроль зданий и строительных сооружений // В мире неразрушающего контроля, 2004, №1. – С. 22-24.
15. Тепловой контроль и мониторинг технического состояния опасных объектов в условиях ограниченного доступа / О.Н. Будадин, Ю.В. Смирнов, Т.Е. Троицкий-Марков и др. // В мире неразрушающего контроля, 2008, №3. – С. 32-33.
16. Тепловой неразрушающий контроль зданий и строительных сооружений / О.Н. Будадин, Е.В. Абрамов, М.А. Родин, О.В. Лебедев // Дефектоскопия, 2003, №5. – С. 77-94.
17. Вавилов В.П. Тепловой контроль композитных материалов. – В мире неразрушающего контроля, 2008, №4. – С. 32-35.
18. Глазунов В.В., Ефимова Н.Н., Штенгель В.Г. Оценка состояния грунтов основания железобетонных элементов гидросооружений методом георадиолокации // В мире неразрушающего контроля, 2006, №1. – С. 18-21.

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УЗЛОВ ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ*

Накопленный с годами материал наблюдений за техническим состоянием подкраново-подстропильных ферм (ППФ) позволяет сейчас судить об эффективности принятых инженерных решений в проектировании ППФ. Выявленные повреждения и дефекты, а также современные методы диагностирования и программно-вычислительные комплексы дают представление о фактическом напряжённо-деформированном состоянии конструкции ППФ.

* *Еремин К.И., Шульга С.Н. ООО «ВЕЛД», ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г.Магнитогорск, Челябинская область*

До настоящего времени в конструкции ППФ недостаточно изученной остаётся работа узлов сопряжения решётки с нижним поясом. Подтверждением этому является возникновение трещин в зоне сопряжения прорезных фасонек с верхним поясом и опорной диафрагмой по сварному шву и околосварной зоне уже в первые годы [1, 2] эксплуатации этих конструкций (рис. 1). Длина таких трещин достигает порой размеров, равных длине самого сварного шва. Устранение таких трещин является трудоёмким процессом.

При проектировании ППФ руководствуются методикой, разработанной ЦНИИ «ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ» им. Мельникова, а также СНиП II-23-81 «Стальные конструкции» (п.13.29-13.35).

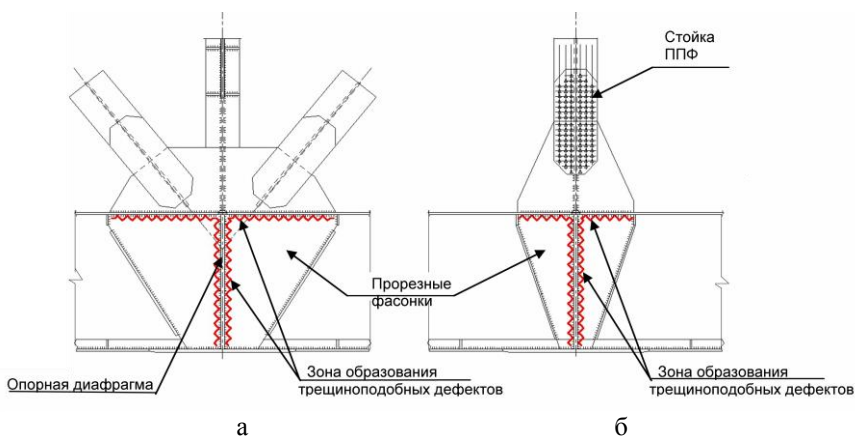


Рис.1. Схема мест расположения дефектов в узле сопряжения прорезных фасонек со стенкой и верхним поясом коробчатого нижнего пояса ППФ: а – на опоре; б – в месте примыкания стойки

Недостатки существующих методов расчёта ещё в 80-х годах отметил в своих исследованиях Б.Б. Лампси [4].

Так при расчёте ППФ на вертикальную нагрузку от четырех кранов (по два крана наибольшей грузоподъемности в каждом пролете) и на поперечную горизонтальную нагрузку от двух кранов усилия в элементах определялись:

- осевые усилия по шарнирной схеме;
- момент и поперечная сила в нижнем поясе от вертикальной нагрузки как в балке на упруго податливых опорах.

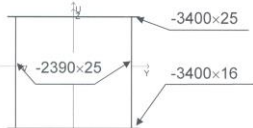
Такой подход, казалось бы, упрощает задачу расчета, т.к. обеспечивает минимальную статическую неопределенность системы. Однако анализ проектов и реализованных конструкций показывает, что узловые соединения как в примыкании решетки к ездovým поясам, так и в осталь-

ных узлах практически обладают значительной изгибной жесткостью в плоскости системы.

Нижний пояс подкраново-подстропильной фермы представляет собой тонкостенный стержень переменной толщины замкнутого коробчатого сечения (табл. 1), который работает на растяжение, изгиб в двух плоскостях и стесненное кручение. Расчет таких элементов выполнялся в соответствии с общей теорией тонкостенных стержней. При определении крутящих воздействий и момента от горизонтальных поперечных сил жесткость решетки не учитывалась, и нижний пояс рассматривался как тонкостенный стержень с длиной, равной пролету фермы. В действительности же горизонтальные линейные смещения и угловые смещения этого пояса неизбежно вовлекают в работу элементы решетки. Последние испытывают при этом изгиб из плоскости системы и кручение, оказывая в свою очередь поддерживающее влияние на ездовой пояс, уменьшая его смещения и, соответственно, усилия и напряжения.

Таблица 1

Геометрические характеристики сечения
нижнего пояса ППФ

Сечение	Характеристики сечения	Характеристики стали (по результатам анализов отобранных проб)
1. Сечение нижнего пояса ППФ (коробчатое) в межопорной части 	$A=2589 \text{ см}^2$ $W_y=234533 \text{ см}^3$ $W_z=236178 \text{ см}^3$ $I_y=25420809 \text{ см}^4$ $I_z=39870731 \text{ см}^4$	09Г2С $s_m=3450 \text{ кг/см}^2$ $s_g=5160 \text{ кг/см}^2$ $y=73,6\%$ $d=30,2\%$
2. Сечение нижнего пояса ППФ (коробчатое) в опорном узле 	$A=3714 \text{ см}^2$ $W_y=355187 \text{ см}^3$ $W_z=297357 \text{ см}^3$ $I_y=35369228 \text{ см}^4$ $I_z=60381816 \text{ см}^4$	14Г2АФ-12 $s_m=5200 \text{ кг/см}^2$ $s_g=7000 \text{ кг/см}^2$ $y=73,6\%$ $d=30,2\%$

Кроме этого, было отмечено, что имеется острая необходимость в разработке методов учета концентрации напряжений в конструкциях различного вида и в первую очередь воспринимающих значительные локальные нагрузки. Так подкраново-подстропильные фермы (ППФ), имеющие ездовые пояса в виде тонкостенных стержней коробчатого сечения,

падают под требования п.13 СНиП II-23-81, который предписывает учёт местных напряжений, но на практике отсутствуют достаточно точные теоретические расчётные методы определения этих напряжений. В настоящее время эту задачу можно решить пространственным расчётом, выполненным в программно-вычислительных комплексах типа SCAD или ANSYS. Преимущество пространственного расчёта заключается в том, что имеется возможность получить объёмную картину полей напряжения и деформаций опорных узлов и сопоставить полученную информацию с существующими на сегодняшний день исследованиями фактического напряжённо-деформированного состояния (основным методом исследования фактического напряжённо-деформированного состояния являются тензометрические измерения. К косвенным методам можно отнести метод магнитной памяти металла).

Для определения степени достоверности прочностного расчёта ППФ, выполненного в программно-вычислительном комплексе SCAD, произведён сопоставительный анализ полученных расчётных результатов напряжённо-деформированного состояния с результатами уже известных тензометрических замеров опорных узлов ППФ, данные о которых взяты из монографии доктора технических наук К.И.Ерёмина [3]. С этой целью была задана пространственная расчётная схема (методом конечных элементов-пластин) ППФ треугольного очертания с треугольной решёткой и дополнительными стойками решётки, расположенная в отделении непрерывной разливки стали кислородно-конвертерного цеха ОАО «ММК». Раскосы и стойки решетки ферм составного двутаврового сечения. Нижний пояс – неразрезная балка коробчатого сечения с габаритными размерами 3400×2431 мм (см. табл.1), длиной 193,5 м, пролёт балок между опорами – 24 м.

На ППФ действует целый комплекс постоянных, кратковременных и особых нагрузок (рис. 2).

Так основной постоянной нагрузкой, прежде всего, является нагрузка от собственного веса строительных конструкций. Для здания ячейкой 30×24 м с кранами грузоподъёмностью 500 т собственный вес ППФ складывается из веса нижнего пояса около 80 т в одном пролёте (24 м), раскосов и стоек, общий вес которых в среднем в одном пролёте достигает 28 т.

Собственный вес покрытия состоит из веса стропильных ферм, площадок обслуживания светильников, связей и металлических щитов покрытия, конструкций фонарей, нормативные нагрузки которых при пролёте цеха 30 м соответствуют:

- стропильные фермы и связи – 54 кг/м²;
- щиты покрытия – 70 кг/м²;
- фонарь – 28 кг/м².

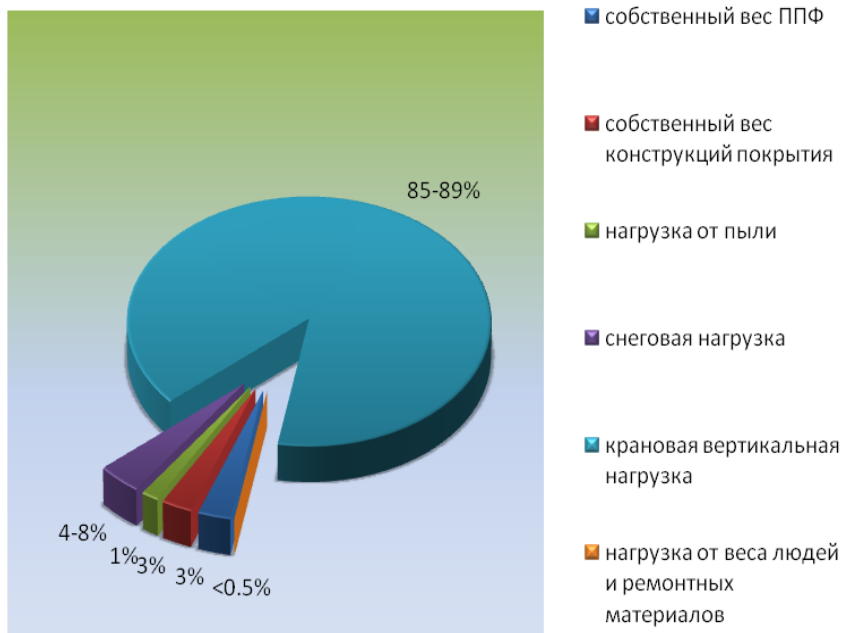


Рис.2. Диаграмма влияния действующих нагрузок на ППФ (в процентах)

К временным нагрузкам, действующим на ППФ, относятся такие нагрузки, как:

- нагрузка от пыли, которую необходимо учитывать в уровне верха покрытия (принимается 50 кг/м^2) и на элементах самой ППФ. Практика показывает, что на ППФ не предусмотрены специальные устройства по защите и очистке ППФ от пыли. Внутри и на верхней поверхности коробчатого нижнего пояса ППФ при продолжительной эксплуатации (около 20 лет) накапливаются значительные отложения производственной пыли – от 0,2 м (внутри и снаружи) до 1,5 м в отсеках с открытым входным люком. При плотности пыли $\approx 800 \text{ кг/м}^3$ распределённая нормативная нагрузка может достигать 160 кг/м^2 и более;
- температурные воздействия. Влияние повышенных температур на ППФ незначительно (рис. 3 и 4). Максимальная температура нагрева ППФ при тепловыделениях из ковшей с открытым зеркалом расплавленного металла зафиксирована в осях расположения сталеплавильных агрегатов и составляет $64\text{-}80^\circ\text{C}$ (в зоне расположения конвертеров и машин непрерывной разливки стали). Максимальный температурный перепад по всей длине ППФ составляет до 125°C (с учётом охлаждения крайних пролётов ППФ в зимний период времени до температуры -35°C).

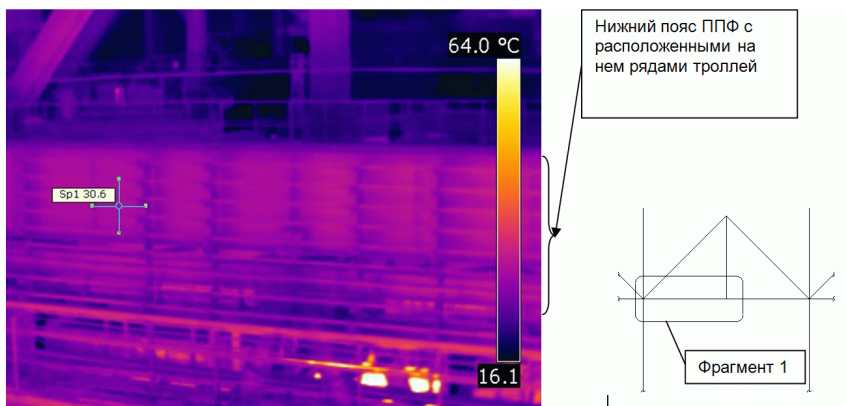


Рис. 3. Тепловизионная съёмка ППФ при закрытом зеркале раскалённого металла при установке на стенд (фрагмент 1)

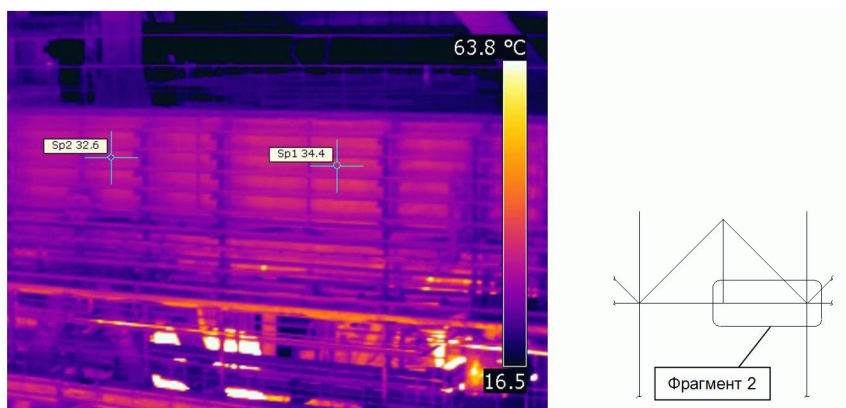


Рис. 4. Тепловизионная съёмка ППФ при открытом зеркале раскалённого металла при установке на стенд (фрагмент 2)

Основной временной нагрузкой, действующей на ППФ, является крановая нагрузка (см. рис. 2). Грузоподъёмность кранов в кислородно-конвертерных цехах достигает 500 т, режим работы кранов – тяжёлый (7К) и весьма тяжёлый (8К).

Характеристики мостовых кранов исследуемой ППФ приведены в табл. 2. Расположение крановой нагрузки представлено на рис. 5 и 6 и в табл. 3.

Характеристики мостовых кранов

Параметр	Размерность	кран №1	кран №2
Грузоподъемность Q	т	500+100/20	125/20
Режим работы крана	-	7К	7К
Нагрузка на колесо F_{max}^H	тс	P1=67,0 P2=69,3	P3=28,35 P4=29,45
Масса тележки G_m	т	172,4	50,43
Масса крана с тележкой G	т	582,9	143,75
Ширина крана $B_{кр}$	м	19,48	11,56
Колесная база крана K	м	9,75	7,0

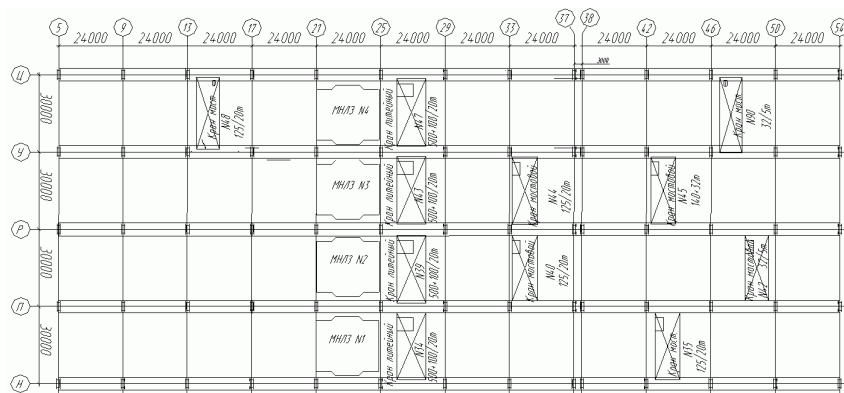


Рис. 5. Схема расположения кранов в цехе (план)

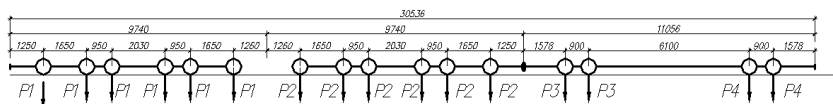
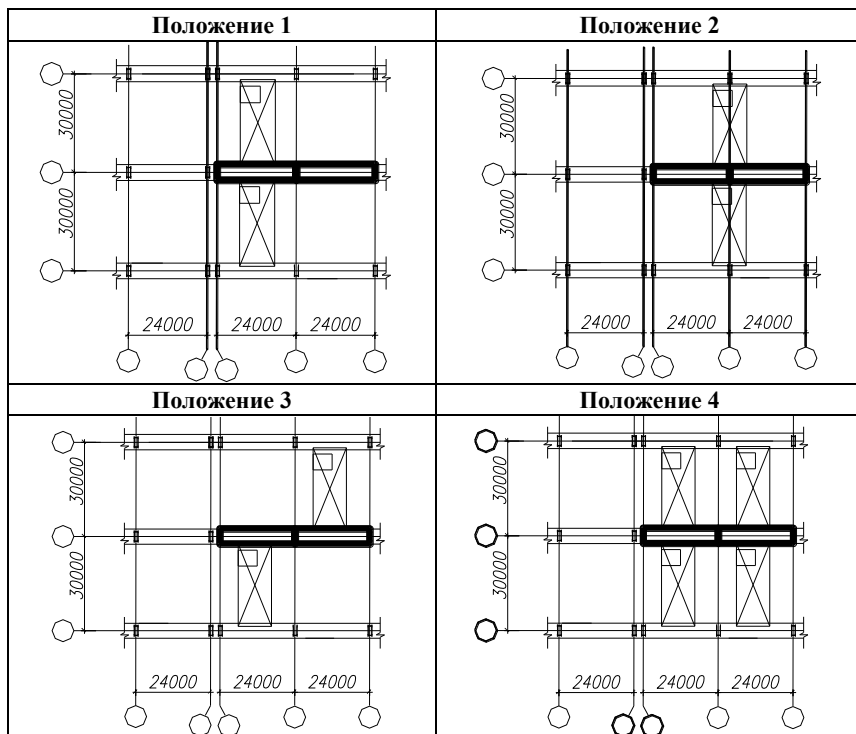


Рис. 6. Схема расположения кранов на ППФ при максимальном сближении кранов

Схема положений крановой нагрузки



По результатам тензометрии максимальные напряжения в опорном узле ППФ (рис. 7, узел 3) выявлены при двустороннем загрузении ППФ крановой нагрузкой в зоне сопряжения верхней полки с опорной диафрагмой, размах напряжений в этой зоне составляет $\Delta s = 4545 \div 4696 \text{ кг/см}^2$ ($0,9s_m$). Также наиболее нагруженной зоной является зона сопряжения приопорного ребра с поясами и самой стенкой, размах главных напряжений в этой зоне составляет $\Delta s = 2249 \div 2661 \text{ кг/см}^2$ ($0,51s_m$).

По результатам прочностного расчёта, выполненного в программно-вычислительном комплексе SCAD (критерий Губера-Мизеса):

- 1) в положении крановой нагрузки №1 максимальные эквивалентные напряжения получены в зоне сопряжения прорезной фасонки с опорной диафрагмой узла 2 (см.рис.7) крайнего пролёта ППФ $s_{\text{экв}}^{\text{max}} = 0,86s_m$ (рис. 9);
- 2) в положении крановой нагрузки №2 максимальные эквивалентные напряжения получены в зоне сопряжения опорного ребра со стенкой и нижней полкой узла 3 (см. рис. 7) $s_{\text{экв}}^{\text{max}} = 0,38s_m$ (в положении №4 $s_{\text{экв}}^{\text{max}} = 0,56s_m$ (рис. 8));

- 3) в положении крановой нагрузки №3 максимальные эквивалентные напряжения получены в зоне сопряжения прорезной фасонки с опорной диафрагмой узла 1 (см. рис. 7) крайнего пролёта ППФ $s^{экр}_{max}=0,82s_m$;
- 4) в положении крановой нагрузки №4 максимальные эквивалентные напряжения получены в зоне сопряжения прорезной фасонки с верхней полкой узла 3 (см. рис. 7) крайнего пролёта ППФ $s^{экр}_{max}=0,8s_m$ (см. рис. 8).

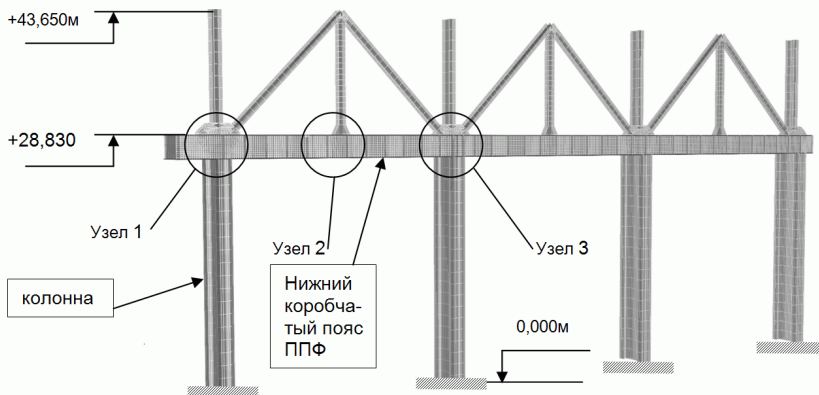


Рис. 7. Общий вид пространственной расчётной схемы ППФ (метод конечных элементов-пластин)

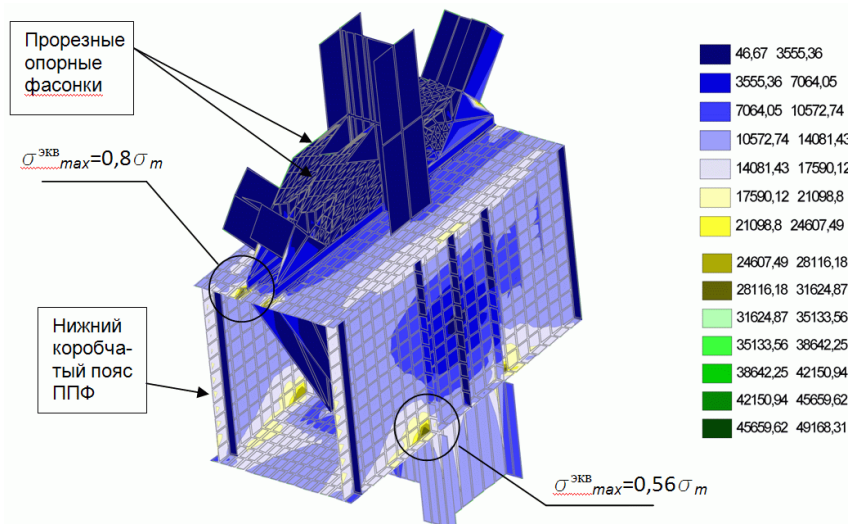


Рис. 8. Поле эквивалентных напряжений в узле 3 (комбинация от положения крановой нагрузки №4 (в т/м²))

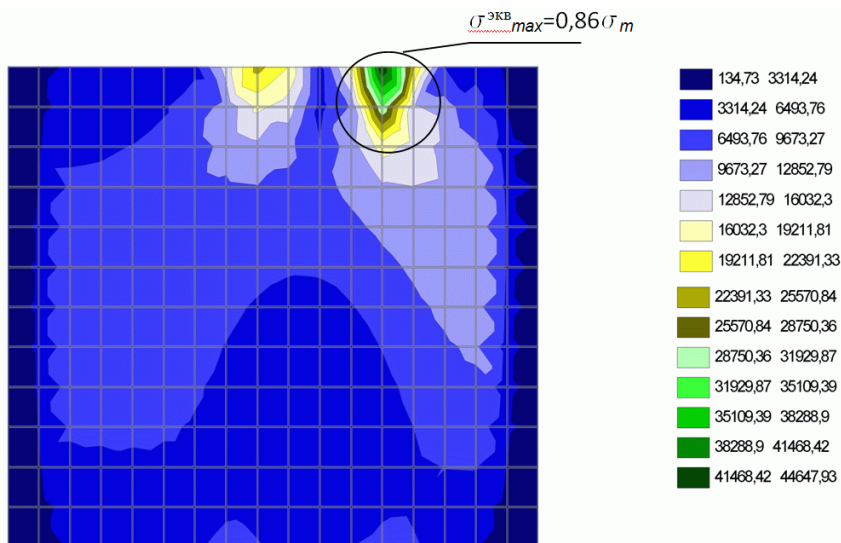


Рис. 10. Поле эквивалентных напряжений в опорной диафрагме узла 2
(комбинация от положения крановой нагрузки №1 (в т/м²))

Экспериментальные значения напряжений в зонах возможных и выявленных усталостных повреждений в опорных частях ППФ превышают теоретические (расчётные) в положении крановой нагрузки №4 на 12% и более. При этом максимальные эквивалентные напряжения, полученные прочностным расчётом в зоне сопряжения стенки с верхней полкой ППФ, соответствуют $s^{экр} \max = 1507 \text{ кг/см}^2 (0,43s_m)$ (в крайних пролётах ППФ при положении крановой нагрузки №1), что в два раза ниже напряжений, полученных в узлах сопряжения решётки с нижним поясом ППФ.

Выводы

Современные вычислительные комплексы позволяют наиболее технологично решать инженерные задачи по проектированию и выполнять поверочные расчёты таких сложных сооружений, как ППФ.

Расчет, выполняемый с помощью построения пространственной расчётной схемы методом конечных элементов-пластин на современных вычислительных комплексах, позволяет:

- учесть совместное влияние изгибающих и крутящих моментов, вовлекающих в работу все элементы ППФ;
- учесть реалистичную жесткость узловых соединений и выполнить расчет без снижения статической неопределимости за счет шарнирности узлов;

- учесть физическую нелинейность деформированной схемы;
- выполнять расчет неразрезной ППФ или ППФ в виде ригелей рам зданий с достаточной точностью расчета в сравнении с фактическим уровнем напряжений.

Результат решения вышеперечисленного комплекса задач, расчёт которых ранее был в значительной степени аппроксимирован и приводил к значительным погрешностям, стал с большей точностью сопоставим с фактическими значениями напряжённо-деформированного состояния ППФ.

Тем не менее, до сих пор недостаточно изучен вопрос о выносливости ППФ. Факт наличия большого количества трещиноподобных повреждений уже после нескольких лет эксплуатации, а также их распределение свидетельствуют о том, что предел выносливости цельных элементов (стенки, полки, диафрагмы и др.) существенно выше, чем предел выносливости соединений этих элементов. Определяющим фактором обеспечения несущей способности всех элементов ППФ является не только прочностной расчёт, но и расчёт на выносливость таких зон, как:

- зона сопряжения стенки нижнего пояса с полкой;
- зона сопряжения прорезных фасонки с верхней полкой и опорной диафрагмой ППФ;
- зона сопряжения приопорного ребра с нижней полкой и стенкой.

Расчёт выносливости всех отмеченных зон позволит прогнозировать ресурс эксплуатации, приведёт в целом к повышению надёжности конструкции ППФ, снижению затрат на обслуживание (ремонтные и диагностические работы).

Библиографический список

1. О состоянии подкрановых конструкций корпуса конвертерного производства ОАО «Северосталь» / В.Н. Артюхов, Е.А. Щербаков, В.М. Горицкий, Г.Р. Шнейдеров // Промышленное и гражданское строительство. 2008. №5.
2. Романов М.В. Напряжённо-деформированное состояние опорных частей подкраново-подстропильных ферм: Дис. ... канд.техн.наук / Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2002.
3. Ерёмин К.И. Предотвращение разрушений строительных конструкций. Изучение напряжено-деформированного состояния ППФ ККЦ ОАО «ММК»: Монография. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова, 2004.
4. Лампси Б.Б. Оценка влияния особенностей конструкции и нагрузки на напряженное состояние и прочность ездовых поясов систем типа подкраново-подстропильных ферм: Дис. ... канд.техн.наук / Горьковский

ордена трудового красного знамени инженерно-строительный институт им. В.П. Чкалова. – Горький, 1983.

5. Оценка напряжённо-деформированного состояния продольных сварных стыковых соединений коробчатого пролётного строения методом магнитной памяти металла / В.М. Горицкий, А.В. Маланьин, О.В. Горицкий, Г.М. Плесков // Промышленное и гражданское строительство. 2011. №6.

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ*

Краткая характеристика и назначение каркаса

Объектом исследования стали подкраново-подстропильные фермы Кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) Магнитогорского металлургического комбината (ОАО «ММК»), введенные в эксплуатацию в 1990 г.

Конструкции подкраново-подстропильных ферм (ППФ) расположены в отделении непрерывной разливки стали (ОНРС) в пролетах «Н-П-Р-У-Ц» осях «5-50», запроектированы ЦНИИ «ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ» им. Мельникова в 1986 г.

Здание ОНРС ККЦ четырехпролетное, неотапливаемое (рис. 1). Основным технологическим процессом в здании является разливка конвертерной стали в машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). МНЛЗ расположены в осях «21-25» по одной в каждом пролёте здания. Общая длина здания в осях «5-50» составляет 291 м; ширина пролетов «Н-П-Р-У-Ц» – 30 м. Здание состоит из двух температурных блоков длиной 193,5 и 97,5 м. Температурно-деформационный шов расположен в осях «37-38».

Основной несущей конструкцией здания является четырехпролетная рама. Шаг рам составляет 24 м. Стойки рамы – металлические ступенчатые колонны составного сечения. Ригели рамы – металлические стропильные фермы с параллельной треугольной решеткой. Шаг стропильных ферм – 12 м. Промежуточные стропильные фермы опираются на ППФ. Стойки рам жестко заземлены в фундаменте, ригели рам жестко сопряжены со стойками.

* *Еремин К.И., Шульга С.Н. ООО «ВЕЛД», ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г.Магнитогорск, Челябинская область*

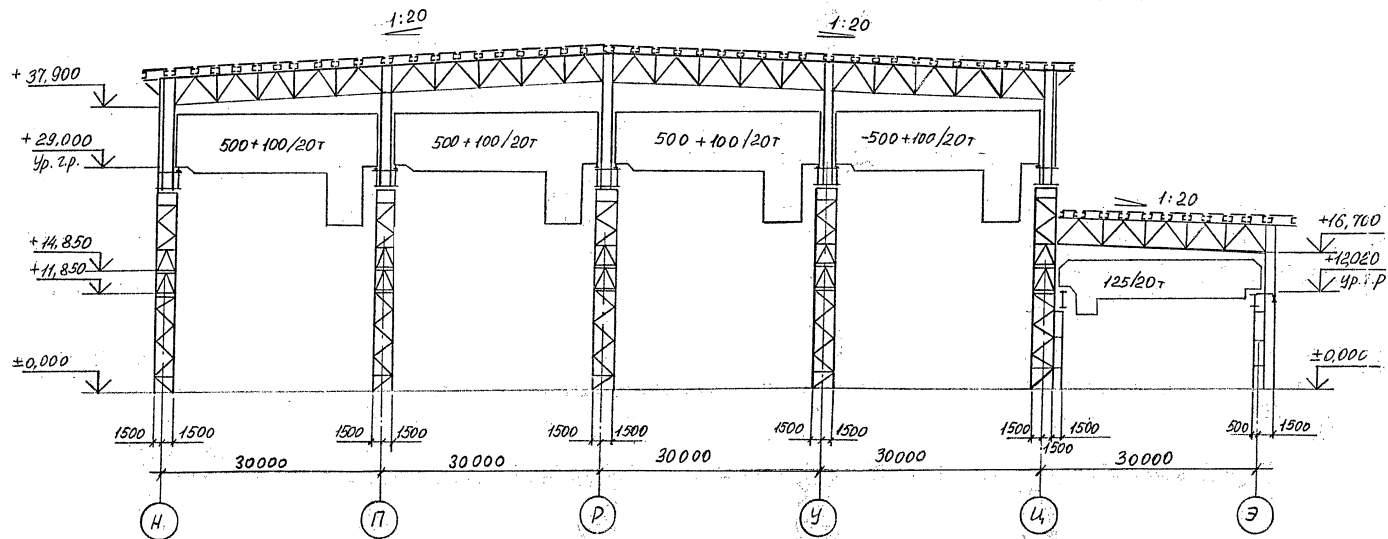


Рис.1. Поперечный разрез здания ОНРС ККЦ

Предотвращение аварий зданий и сооружений

К основной раме по ряду «Ц» к зданию ОНРС ККЦ пристроен пролёт «Ц-Э» – участок подготовки технологического оборудования, ширина пролёта – 30 м с шарнирным опиранием на фундамент стоек по ряду «Э». Крепление ферм в пролёте «Ц-Э» к стойкам основного каркаса – шарнирное.

Кровля двускатная. Уклон кровли 1:20. Конструкции кровли – сборные металлические щиты.

Пролеты «Н-П-Р-У-Ц» оборудованы мостовыми электрическими кранами (табл. 1). Режим работы кранов – тяжелый (по проекту 7К, за сутки краны выполняют до 180 циклов).

Таблица 1

Таблица грузоподъёмности кранов ОНРС ККЦ

№ п/п	Пролёт	Грузоподъёмность кранов, т			
		500/100/20	140/32	125/20	32/5
1	Н-П	+	-	+	+
2	П-Р	+	-	+	-
3	Р-У	+	+	+	+
4	У-Ц	+	-	+	-

Направляющие крановых путей (крановые рельсы КР-140) расположены на нижнем поясе подкраново-подстропильных ферм. Отметка уровня головки рельса +29,000 м. Промежуточные скрепления направляющих на прижимных планках на болтах, стыковые скрепления - неразъёмного типа на сварке.

Конструктивное решение подкраново-подстропильных ферм (ППФ)

Фермы треугольного очертания, решётка – треугольная с дополнительными стойками. Раскосы и стойки решетки ферм – составного двутаврового сечения. Нижний пояс – неразрезная балка коробчатого сечения (рис. 2).

Нижний пояс ферм выполнен в виде неразрезных балок коробчатого сечения длиной 193,5 и 97,5 м, пролёт балок между опорами – 24 м.

Сечение нижнего пояса ферм с габаритными размерами 3400×2431 мм состоит из двух стенок, верхнего и нижнего поясов, опорных и промежуточных диафрагм, ребер жесткости (шпангоутов и стрингеров) поясов, вертикальных прорезных фасонки для крепления раскосов и стоек. Высота стенок балки 2390 мм, толщина листа 25 мм из стали марки 09Г2С. Толщина листов верхнего пояса 25 мм, нижнего 16 мм из стали марки 09Г2С. В узлах опирания на колонны выполнены вставки

шириной 2,0 м в стенку из листа толщиной 40 мм, и в нижнем поясе из листа толщиной 28 мм стали марки 14Г2АФ-12. Химический состав стали 09Г2С и 14Г2АФ приведен в табл. 2, механические характеристики – в табл. 3.

В верхнем пояском листе и в диафрагмах предусмотрены люки для доступа внутрь.

Крепление раскосов и стоек ППФ между собой – жесткое; крепление ППФ с колоннами – неподвижно-шарнирная опора.

Узлы соединения элементов подкраново-подстропильных ферм выполнены на высокопрочных болтах и на сварке. Заводские и монтажные стыки нижнего пояса ППФ выполнены на сварке.

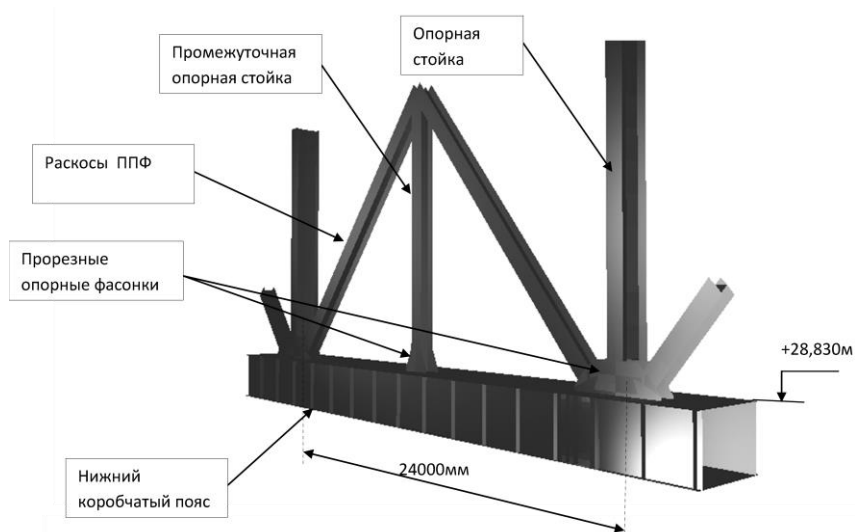


Рис.2. Общий вид среднего пролёта ППФ (перспективное изображение)

Таблица 2

Химический состав исследуемых сталей (при 20°С), %

Сталь	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Ti
09Г2С	0,09	0,59	1,62	0,022	0,031	0,04	0,08	0,1	<0,005	<0,005
14Г2АФ	0,17	0,41	1,52	0,027	0,025	0,08	0,07	-	0,020	0,005

Таблица 3

Механические характеристики исследуемых сталей (при 20°С)

Сталь	Направление прокатки	σ_r , Н/мм ²	$\sigma_{в}$, Н/мм ²	γ , %	d , %
09Г2С	Вдоль	345	516	73,6	30,2
09Г2С	Поперек	348	510	74,0	31,5
14Г2АФ	Вдоль	520	700	64,0	24,0

Повреждения (трещиноподобные дефекты)

Периодические обследования подкраново-подстропильных ферм в ККЦ ОАО «ММК» производились в три этапа, что позволило выявить фактическую историю развития повреждений:

I этап – обследование в период с 1989 по 1993 гг.;

II этап – обследование в 2003 г.;

III этап – обследование в 2010 г.

История развития трещиноподобных дефектов по рядам показана на рис. 3.

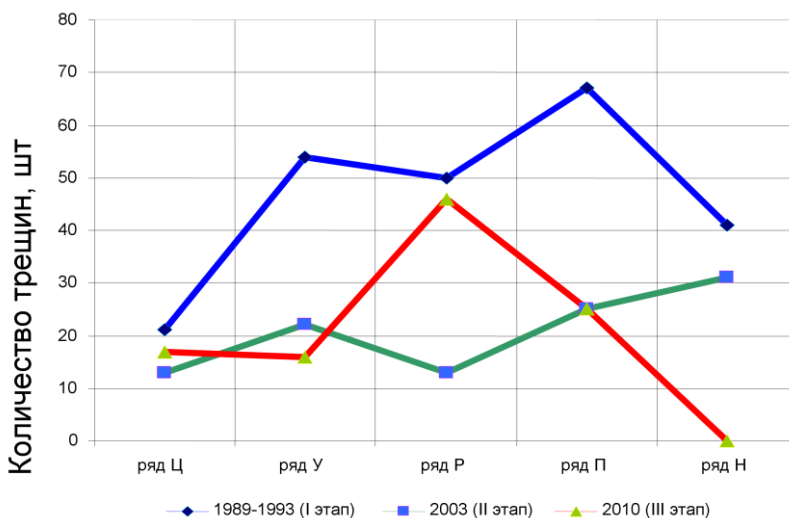


Рис. 3. График распределения трещиноподобных дефектов, выявленных при проведении обследований, по рядам

Все обследования этапу I являлись продолжением научно-исследовательской работы, выполненной ЦНИИ «ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ» им. Мельникова в части проведения натуральных испытаний ППФ крановыми нагрузками. Обследования производились с целью выявления дефектов и повреждений нижних поясов подкраново-подстропильных ферм и узлов опирания их на колонны.

Обследование выполнялось на различных стадиях:

- в исходном состоянии (после монтажа ППФ);
- в процессе испытания;
- после окончания испытаний;
- после 14 лет эксплуатации;
- после 20 лет эксплуатации.

При обследовании были выявлены:

- трещины по оси сварного шва;
- трещины по линии сплавления металла сварного шва с основным металлом;
- поперечные трещины в сварном шве;
- кратерные трещины.

Максимальная длина трещиноподобных дефектов достигала 2000 мм. В результате выполнения ремонтных работ после проведения каждого обследования трещины в ППФ устранялись или усиливались путём установки накладок. Несмотря на предпринятые усилия, мероприятия по ремонту трещин оказались малоэффективными, в настоящее время наблюдается развитие трещин в местах уже выполненного ремонта.

Статистика повреждаемости

За I этап в период с 1989 по 1993 гг. выявлены участки с ростом трещин и дефекты в монтажных сварных швах (рис. 4).

Выявленные дефекты связаны в основном с двумя факторами:

- слоистое растрескивание листового проката под действием сварочных напряжений в жестких узлах с крестообразным и тавровым пересечением элементов;
- трещины в сварных заводских швах.

Причиной образования этих повреждений являлось:

- качество стали, связанное с повышенными прочностными свойствами и пониженными пластическими свойствами стали поперек и вдоль проката;
- нарушение технологии при изготовлении сварных металлоконструкций из марок 14Г2АФ толщиной 30-50 мм;
- отрицательные температуры при монтаже.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

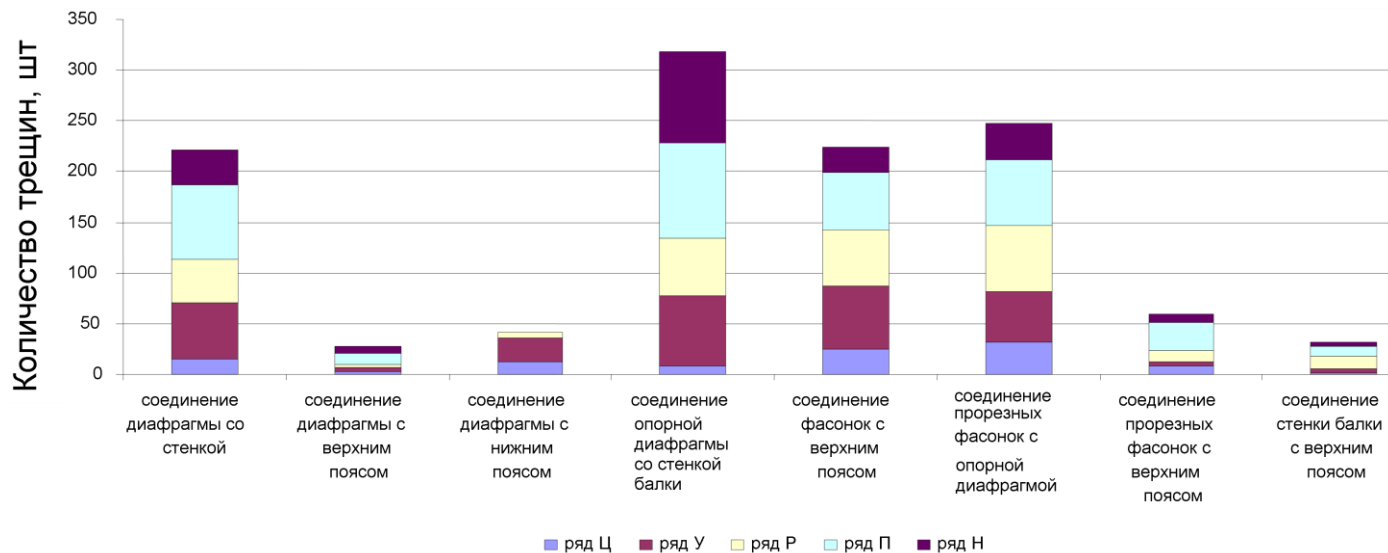


Рис. 4. Сводная диаграмма расположения дефектов I этапа (1989-1993 гг.)

В результате обследования ППФ в 2003 году (II этап) было установлено, что все повреждения, выявленные до 1994 года, были устранены полностью или частично (засверлены концы трещин), зоны повреждений усилены. Неотремонтированными остались участки ППФ с многочисленными дефектами в сварных швах крепления элементов коробчатых балок, такие как кратеры, кратерные трещины, непровары, поры, раковины, являющиеся концентраторами напряжений. Основной зоной развития трещиноподобных дефектов (около 90% от общего количества) является сварной шов в узле сопряжения прорезных фасонки с верхним поясом и опорной диафрагмой (рис. 5).

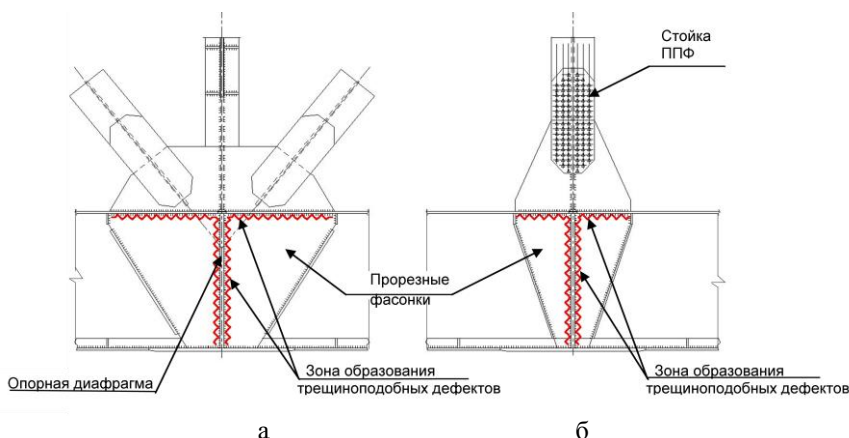


Рис.5. Схема мест расположения дефектов в узле сопряжения прорезных фасонки с коробчатым нижним поясом ППФ:
а – на опоре; б – в месте примыкания стойки

По результатам обследования был сделан следующий вывод: Подкрановые конструкции эксплуатируются в течение 10 лет с наличием в сварных соединениях трещин и трещиноподобных дефектов, при этом трещины имеют усталостный характер при своём развитии и сконцентрированы в узле сопряжения прорезных фасонки с верхним поясом и опорной диафрагмой.

В результате обследования ППФ в 2010 году (III этап) установлено (рис. 6):

- повреждения, выявленные в 2003 году, были устранены частично;
- влияние повышенных температур на ППФ незначительно. Максимальная температура нагрева ППФ при тепловыделениях из ковшей с открытым зеркалом расплавленного металла зафиксирована в осях расположения стенда МНЛЗ и составляет не более 64°C;

– в результате безостановочной эксплуатации ППФ за период с 2003 по 2010 гг. (рис. 7) обнаружено большое количество усталостных трещин длиной в среднем 300 мм (максимальная длина трещины – 725 мм) в сварных швах соединения стенки с верхним поясом нижнего пояса ППФ (около 80% от общего количества трещиноподобных дефектов) в месте расположения диафрагм. Особым негативным фактором послужило то, что образование трещин по сварному шву сопровождается выходом на основной металл в зоне сопряжения стенки с верхним поясом коробчатого нижнего пояса ППФ.

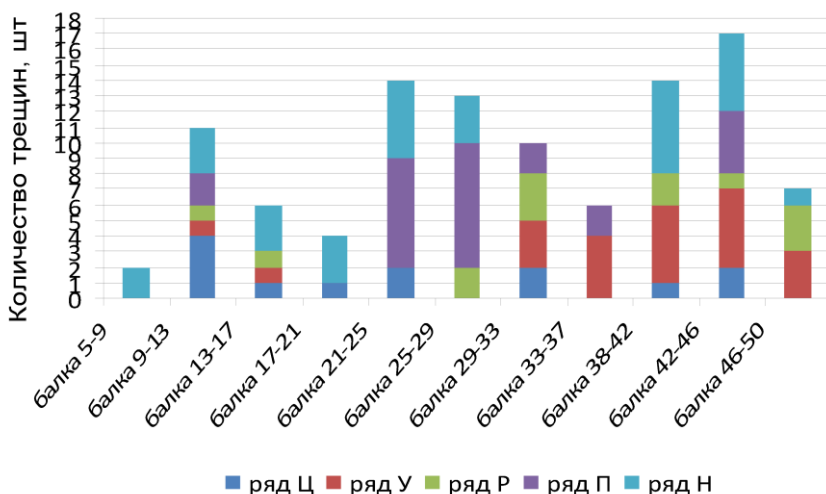


Рис. 6. Сводная диаграмма по количеству дефектов за 2003 год

Анализ местоположения дефектов показал, что существует зависимость уровня повреждаемости ППФ от интенсивности работы кранов (рис.8 и 9).

Одними из причин появления и роста выявленных дефектов является:

- внецентренное положение рельса относительно стенки коробчатого нижнего пояса;
- повышенные динамические нагрузки от выколов и выработки рельса в местах стыка.

Основные места скопления дефектов в зоне сопряжения стенки с верхним поясом в местах расположения диафрагм.

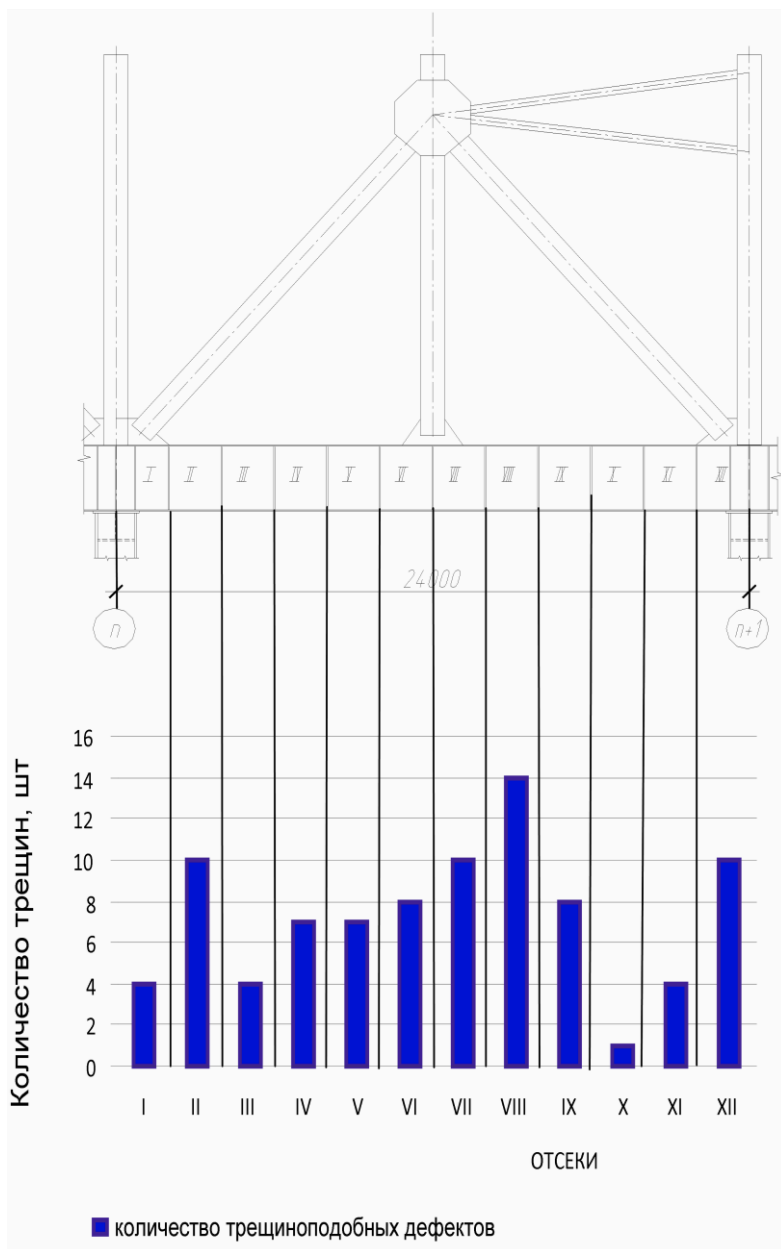


Рис. 7. Усреднённая схема расположения трещиноподобных дефектов по отсекам одного пролёта ППФ за 2010 год

Предотвращение аварий зданий и сооружений

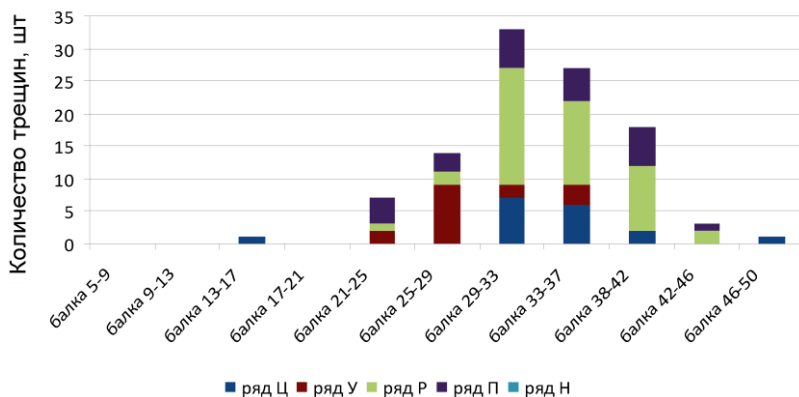


Рис. 8. Сводная диаграмма по количеству дефектов за 2010 год

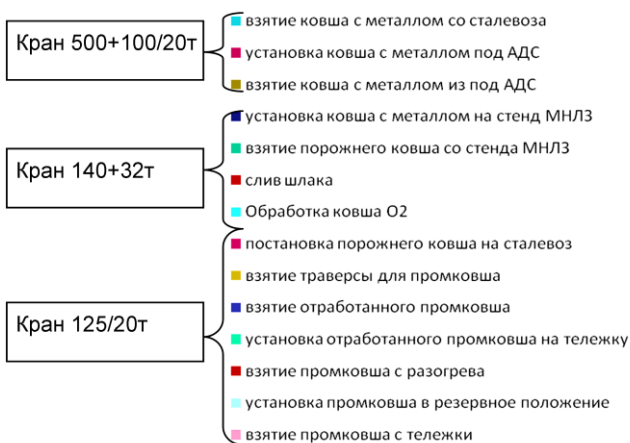
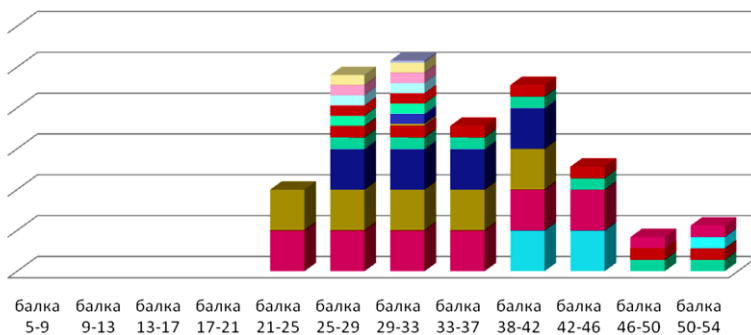


Рис. 9. Циклограмма работы кранов

Вывод

Анализ повреждений, накопленных за весь период эксплуатации ППФ, показал:

- основное количество трещин и трещиноподобных дефектов выявлено в первые 3 года эксплуатации (рис. 10). Связано это с качеством изготовления и качеством примененных сталей, а также с производимыми натурными испытаниями ППФ 500-тонными кранами в течение двух месяцев после завершения монтажа. Наличие выявленных повреждений существенно сократило ресурс ППФ;
- проводимые ремонтные работы позволили снизить интенсивность развития и появления трещиноподобных дефектов, выявленных на I и II этапах. Ремонт трещин выполнялся по методике, разработанной ЦНИИ «ПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ» им. Мельникова;
- установлены основные места развития повреждений в нижнем поясе ППФ – это зона сопряжения прорезных фасонки с верхним поясом и опорной диафрагмой (рис. 5), зона сопряжения стенки с верхним поясом в местах расположения диафрагм, зона сопряжения опорной диафрагмы со стенкой (табл. 4);
- на этапе III обследования наблюдается рост трещиноподобных дефектов в зоне сопряжения стенки с верхним поясом в местах расположения диафрагм (рис. 10, кривая №3). Трещины носят ярко выраженный усталостный характер, развитие этих повреждений связано с интенсивностью эксплуатационных нагрузок (в основном крановых нагрузок).



Рис.10. График выявленных дефектов за весь наблюдаемый период

Таблица 4

Сводная таблица трещиноподобных дефектов, выявленных
на всех этапах обследований

Год обследования	Количество трещиноподобных дефектов, %							
	соединение диафрагмы со стенкой	соединение диафрагмы с верхним поясом	соединение диафрагмы с нижним поясом	соединение опорной диафрагмы со стенкой балки	соединение фасонки с верхним поясом	соединение прорезных фасонки с диафрагмой	соединение прорезных фасонки с верхним поясом	соединение стенки балки с верхним поясом
1989	27	2	0	31	15	19	5	1
1991	17	2	12	25	16	21	3	4
1992	5	11	0	21	11	52	0	0
1993	22	1	0	24	12	36	1	4
2003	23	2	0	7	0	1	47	20
2010	0	8	0	0	2	0	3	87

Библиографический список

1. Патрикеев А.В. Некоторые закономерности усталостных повреждений сварных подкрановых балок // Проблемы прочности. 1983. №7.
2. Калашников Г.В. Настоящее и будущее подкрановых балок // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2007. №7.
3. О состоянии подкрановых конструкций корпуса конвертерного производства ОАО «Северосталь» / В.Н. Артюхов, Е.А. Щербаков, В.М. Горицкий, Г.Р. Шнейдеров // Промышленное и гражданское строительство. 2008. №5.
4. Гладштейн Л.И. Разрушение материала и элементов строительных конструкций // МЕТАЛЛУРГ. 2011. №3.

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ПОДКРАНОВО-ПОДСТРОПИЛЬНЫХ ФЕРМ*

Подкраново-подстропильные фермы (ППФ) с неразрезным нижним поясом на сегодняшний день являются уникальными конструкциями, т.к. ввиду сложности их расчёта, проектирования и изготовления с момента их изобретения построено относительно небольшое их количество.

Появление повреждений в виде трещин в таких масштабных конструкциях, как ППФ, вызывает понятное беспокойство у служб эксплуатации предприятий и специалистов, выполняющих их экспертизу, т.к. авария, замена или ремонт влекут за собой остановку, простой технологических мощностей предприятий и возникновение связанных с этим финансовых рисков.

Данные обследований ППФ с трещиноподобными дефектами за последние годы позволяют выявить определённые закономерности развития повреждений в этих конструкциях и оценить влияние этих повреждений на общий ресурс конструкции.

Одним наиболее распространённым проявлением усталостного повреждения ППФ является распространение продольных трещин в зоне сопряжения стенки с верхней полкой нижнего ездового пояса (рис. 1-4). Скорость роста трещин по результатам мониторинга с определённой долей аппроксимации соответствует:

$$\frac{dl}{dN} = -2 \cdot 10^{-15} \cdot l^4 + 4 \cdot 10^{-12} \cdot l^3 - 2 \cdot 10^{-9} \cdot l^2 + 4 \cdot 10^{-7} \cdot l - 3 \cdot 10^{-6}$$

Распределение растущих трещин по пролёту ППФ



Рис. 1. График распределения активно растущих трещин по пролёту ППФ

* Шульга С.Н. ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г.Магнитогорск, Челябинская область

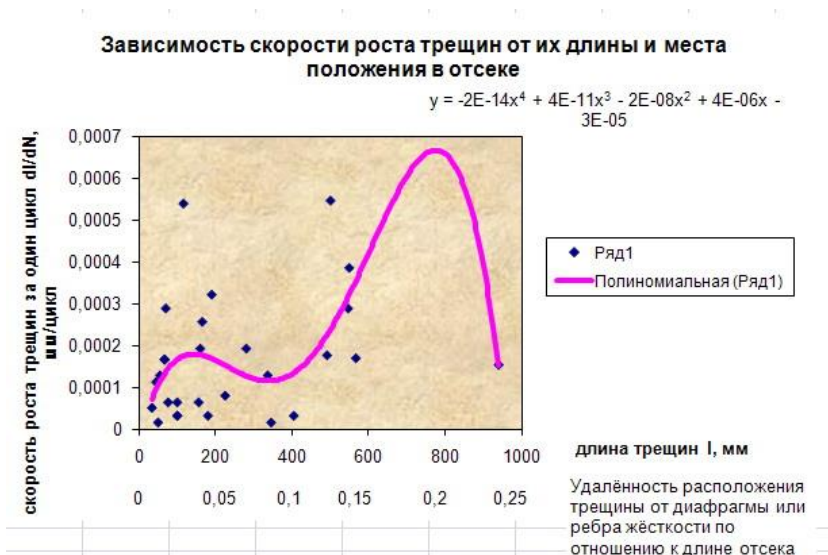


Рис. 2. График зависимости скорости роста трещин и места положения в отсеке ППФ, полученный в результате мониторинга конструкций ППФ за 4 года наблюдений

Появление множества таких трещин может привести к их дальнейшему объединению в одну общую магистральную трещину.

Изучение скорости образования, роста и степени опасности магистральной трещины позволяет определить критерии общего остаточного ресурса, а также разработать эффективные мероприятия по восстановлению.

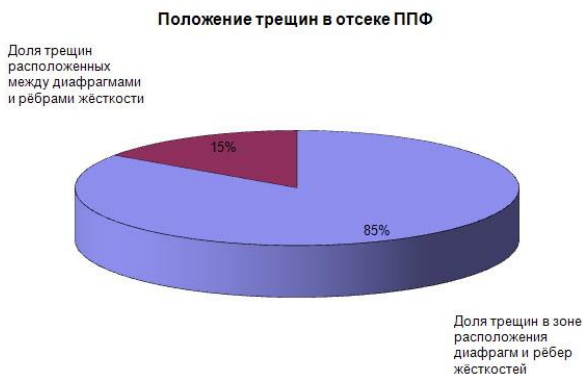


Рис. 3. Круговая диаграмма положения трещин по отношению к диафрагмам и рёбрам жёсткости в ППФ

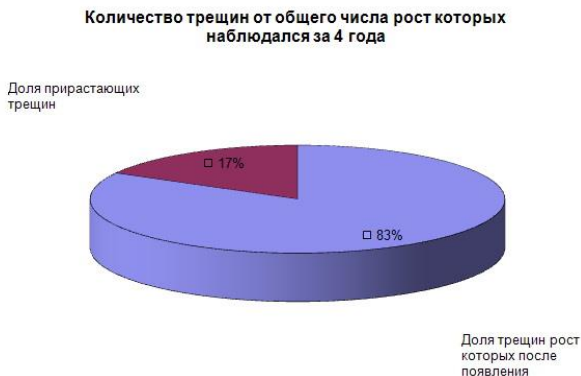


Рис. 4. График распределения активно растущих трещин по пролёту ППФ

Предполагается, что при развитии магистральной трещины происходит формоизменение нижнего пояса ППФ (диплонация) со значительным снижением его жёсткости, что в свою очередь приводит к невозможности его использования в качестве «ездового».

Основными повреждающими силовыми факторами, действующим в этой зоне, являются местные нормальные и касательные напряжения от воздействия катков крана.

Общее теоретическое решение о распределении местных напряжений в стенке стальных балок дано Б.М.Броуде. Исследование основано на решении плоской задачи теории упругости в напряжениях, которое сводится к определению функции напряжений F на верхней кромке стенки балки, удовлетворяющей бигармоническому уравнению:

$$\nabla^2 \nabla^2 F = \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0. \quad (1)$$

Функция напряжений F принята в виде тригонометрического ряда:

$$F = \sum \varphi_1(y) \cdot \cos(2n+1) \cdot (1 \cdot \pi \cdot x) / L. \quad (2)$$

Решение дифференциального уравнения с учетом функций напряжений в виде тригонометрического ряда, позволило получить выражение для определения давления на стенку от сосредоточенной силы F , приложенной к поясу балки:

$$\sigma_{loc.x} = \frac{\gamma_{f1} \cdot F_{max}^n}{t_w \cdot l_{ef}}, \quad (3)$$

где F_{max}^n – давление колеса крана;

Предотвращение аварий зданий и сооружений

γ_{fl} – коэффициент увеличения вертикальной сосредоточенной силы на отдельное колесо мостового крана (п.4.8 СНиП 2.01.07-85*);

$l_{ef} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{p.f}}{t_w}}$ – условная длина распространения сжимающих

напряжений;

c – коэффициент, принимаемый для сварных балок равным 3,25;

t_w – толщина стенки.

$$I_{p.f} = I_p + I_f,$$

где I_p – собственный момент инерции рельса;

I_f – собственный момент инерции верхнего пояса,

$$I_f = \frac{b_{ef} \cdot t_f^3}{12}, \quad (4)$$

t_f – толщина верхней полки;

b_{ef} – эффективная ширина верхней полки.

Принимая $b_{ef} \approx 2h_{св}$ и сравнивая полученное значение σ_{loc} с $\sigma_{P_{loc}}^P$, полученным в результате расчёта методом конечных элементов, установлено, что их значения различаются на величину коэффициента концентрации напряжений в отдельно взятом отсеке и по длине всего нижнего пояса (рис. 5, 6).

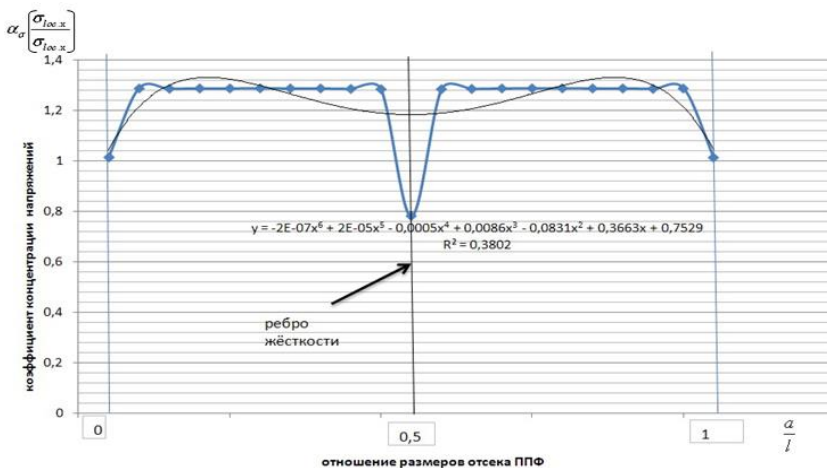


Рис. 5. График функции коэффициента концентрации напряжений α_l в одном отсеке

В пределах крайнего пролёта коэффициент интенсивности напряжений представлен функцией в соответствии с рис. 6.

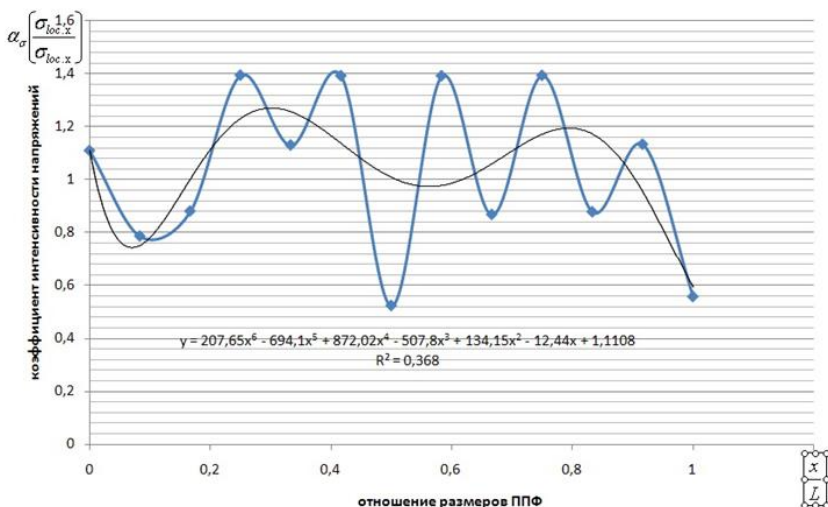


Рис. 6. График функции коэффициента концентрации напряжений α_2 в крайнем пролёте (L – длина пролёта ППФ)

Таблица 1

Значение коэффициента концентрации напряжения в зависимости от расположения в отсеке длиной l

a/l	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
α_1	1,015	1,287	1,288	1,288	1,286	0,781	1,286	1,289	1,288	1,287	1,013

Таблица 2

Значение коэффициента концентрации напряжения α_2 в зависимости от расположения в крайнем пролёте ППФ длиной L

x/L	0	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12
α_2	1,109	0,786	0,880	1,393	1,129	1,391	0,523	1,391	0,867	1,392	0,877	1,132	0,557

Таблица 3

Значение коэффициента концентрации напряжения α_3 в зависимости от расположения в рядовом пролёте ППФ длиной L

x/L	0	1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12
α_3	0,557	1,117	0,879	1,393	0,867	1,386	0,771	1,386	0,866	1,393	0,876	1,386	0,710

Многочисленные исследования циклической трещиностойкости материалов и конструкций базируются на различных модельных представлениях, описывающих зависимость скорости роста трещины (СРТ) от характеристик трещиностойкости. Учитывая конструктивные особенности и условия нагружения ПБ, для решения задач оценки показателей ресурса и живучести с достаточной степенью точности может быть использована в качестве модели СРТ степенная зависимость, предложенная Пэрисом:

$$\frac{dl}{dN} = C(K_{\max})^m, \quad (5)$$

где C, m – характеристики циклической трещиностойкости;

K_{\max} – максимальное значение КИН в цикле нагружения.

Для описания СРТ можно использовать общую зависимость расчета эффективного КИН для трещин различной длины, развивающихся в элементах конструкций любых геометрических форм и размеров:

$$K_{ief} = \sigma_i \sqrt{\pi \cdot l}, \quad (6)$$

где K_{ief} – эффективное значение коэффициента интенсивности напряжений, учитывающее конечные размеры элементов конструкции и его условия нагружения;

σ_i – значение интенсивности напряжений для рассматриваемой длины трещины в ее вершине;

l – рассматриваемая длина трещины.

Такой подход дает возможность для анализа кинетики развития усталостных трещин в области верхней зоны стенки нижнего пояса ППФ вне зависимости от конструктивных особенностей.

При проведении расчетов остаточного ресурса ППФ необходимо учитывать особенности развития каждой конкретной трещины: ее длину, местоположение, уровень интенсивности напряжений, возникающий в каждом ее конце. Таким образом, данный метод оценки циклической трещиностойкости элементов конструкций в условиях неоднородного напряженного состояния, какой является стенка нижнего пояса ППФ, основывается на использовании базовых характеристик циклической трещиностойкости.

Исходными данными для определения скорости роста трещины являются значение КИН, определенное для рассматриваемой длины трещины l , и соответствующее ей число циклов нагружения N .

Полная диаграмма усталостного разрушения, построенная в двойных логарифмических координатах, представляет собой S-образную кривую (рис. 7), на которой можно выделить три характерные зоны,

соответствующие различным механизмам роста трещины. Границы этих зон могут изменяться в зависимости от различных факторов (марки металла и т.д.).

Слева кривая ограничена пороговым значением КИН – K_{th} , ниже которого трещина не развивается или растет очень медленно $v < 10^{-10}$ м/цикл; справа – критическим значением КИН – K_{fc} (критическая вязкость разрушения).

Средний, линейный участок диаграммы ограничен значениями ΔK_{1-2} и ΔK_{2-3} .

Диаграммы, построенные на базе K_{max} или $\Delta K = (1 - R) \cdot K_{max}$, эквивалентны и отличаются только масштабом по оси абсцисс.

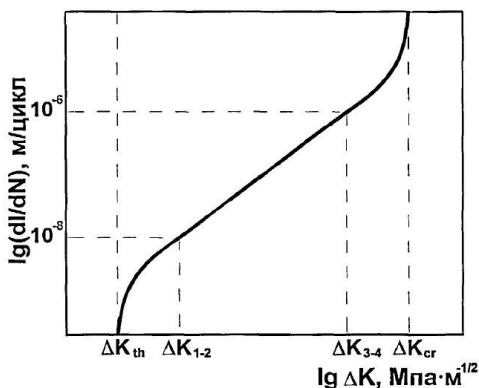


Рис. 7. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения

Пороговое значение K_{th} принимается согласно:

$$K_{th} = 12.7 - 0.006\sigma_{0.2} - (11.37 - 0.0065\sigma_{0.2})R \quad (7)$$

при $R=0$

Таблица 4

Значения K_{th} при $R=0$

Марка стали	$\sigma_{0.2}$, МПа	K_{th} , МПа√м
09Г2С	345	13,63
14Г2АФ	390	10,36

Критическое значение КИН – K_{fc} (критическая вязкость разрушения) для различных марок стали широко исследовано ведущими учёными страны. Так для стали 09Г2С и ВСтЗсп КИН – K_{fc} принимается согласно табл.5.

Значение параметров статической трещиностойкости
для сталей 09Г2С и ВСтЗсп

T, °C	Развитие трещин поперёк прокатки/развитие трещин вдоль прокатки K _{Ic}	
	ВСтЗсп	09Г2С
+20	148/125,3	169,7/150,3
0	140,4/130,4	169,3/148,6
-10	142,8/111,8	164,2/135,7
-20	147,3/107,9	156,8/128,4
-30	138,5/96,4	158,9/120,6
-40	130,1/87,2	152,4/110,2
-50	124,9/83,7	149,4/103,4
-60	125,6/80,1	142,1/94,1

Коэффициент интенсивности напряжений для среднего участка диаграммы можно рассчитать как для случая полуэллиптической трещины:

$$K_I = \frac{2 - 0.82 \frac{1}{c}}{\left[1 - \left(0.89 - 0.57 \sqrt{\frac{1}{c}} \right)^3 \left(\frac{1}{t} \right)^{1.25} \right]^{3.25}} \cdot \Phi \sigma^* \sqrt{l}, \quad (8)$$

где

$$\Phi = \left[1.1 + 0.35 \left(\frac{1}{t} \right)^2 \right] \sqrt{\frac{1}{c}}, \quad (9)$$

t – толщина стенки;

c – полудлина трещины,

$$\sigma^* = 0.64 \sigma_A + 0.36 \sigma_B, \quad (10)$$

где σ_A, σ_B – напряжения определяются методом конечных элементов.

Для расчёта КИН выполнялся расчёт напряжённого состояния в вершине трещины (методом конечных элементов) с различной длиной трещины и раскрытием, а также при различном расположении в отсеке ППФ (табл. 6-8).

По результатам расчёта методом конечных элементов и формулам (8)-(10) определены зависимости и графики для нахождения КИН и Φ (табл. 9-12), также определена аналитическая зависимость СРТ и циклов нагружения от КИН и местных нормальных напряжений.

Таблица 6

Нормальные напряжения N_x в вершине трещины с раскрытием $a = 1$ мм

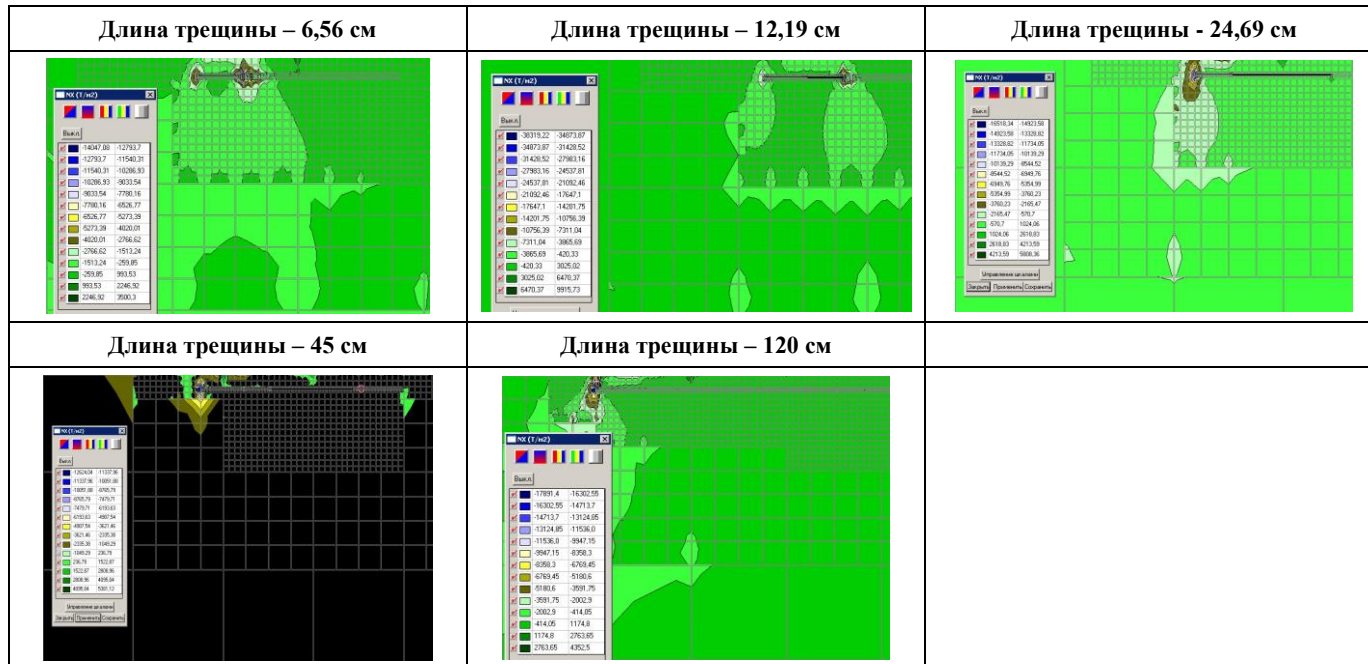


Таблица 7

Нормальные напряжения N_u в вершине трещины с раскрытием $a = 1$ мм

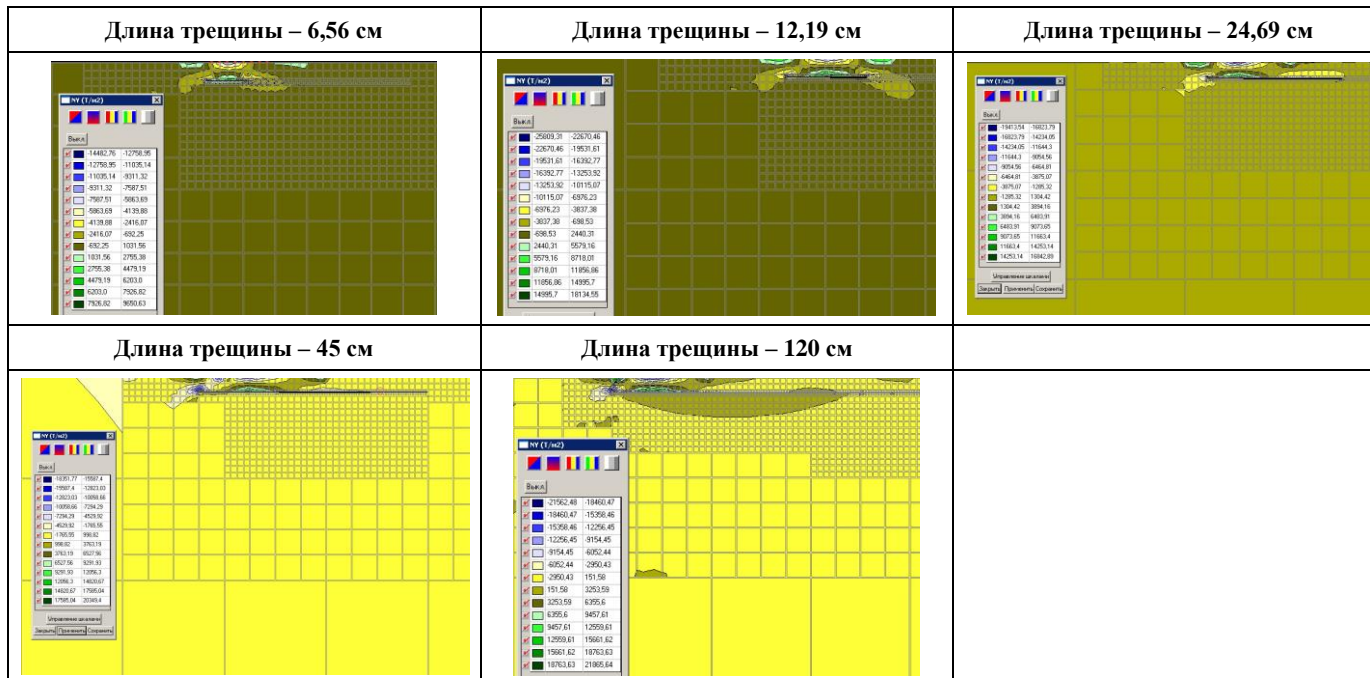
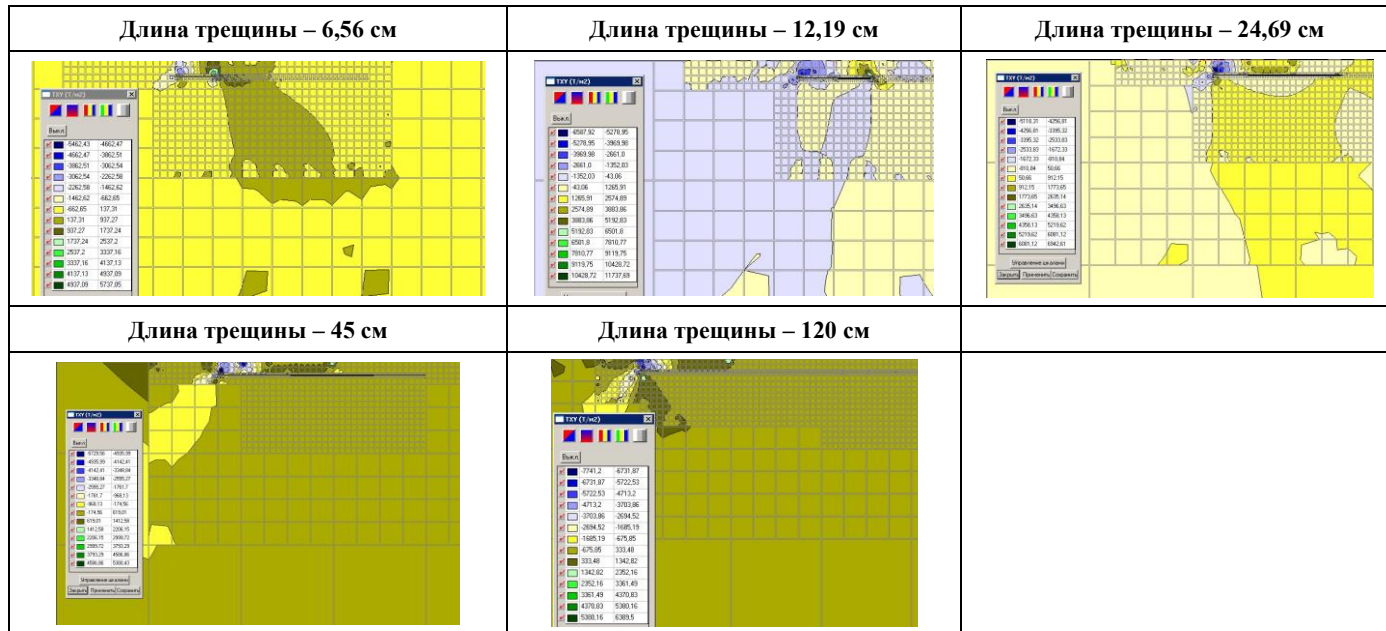


Таблица 8

Касательные напряжения T_{xy} в вершине трещины с раскрытием $a = 1$ мм



Выводы

1) Полученные аналитические зависимости позволяют с определённой долей аппроксимации определить закономерность СРТ в зависимости от таких параметров как:

- температура эксплуатации;
- уровень напряжённого состояния зоны распространения трещины;
- направления прокатки;
- расположения трещины относительно сварного шва.

2) Полученные аналитические зависимости СРТ соответствуют СРТ, полученным при наблюдении за трещинами в процессе мониторинга.

3) В результате наблюдения и аналитического анализа выявлено, что усталостные трещины в зоне сопряжения стенки с верхней полкой ППФ направлены вдоль пояса и распространяются только в зоне влияния местных нормальных напряжений от колеса крана. Развитие усталостной трещины вне этой зоны возможно только в случае достижения предела усталости основного металла конструкции, которое соответствует расчётному числу циклов нагружения N до образования трещины:

$$N_p = \frac{1}{S_N} \left[\frac{0.25 E e_C}{\sigma_\alpha - \bar{\sigma}_{-1} / (1+r)} \right]^2,$$

где S_N – коэффициент запаса прочности по числу циклов нагружения;
 E – модуль упругости;

$$e_C = \ln [1 / (1 - \psi)];$$

ψ – относительное сужение материала;

$\sigma_\alpha = \frac{1}{\varphi} \{0.5 K_\sigma \sigma_n + 0.28 \sigma_{0.2}\}$ – амплитудные напряжения. σ_n – номинальные напряжения;

$$\bar{\sigma}_{-1} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_\sigma}$$

$$\bar{r} = (1+r) / (1-r)$$

r – коэффициент асимметрии цикла нагружения;

K_σ – коэффициент концентрации напряжений;

$\sigma_{-1}, \sigma_\sigma, \sigma_{0.2}$ – предел выносливости, предел временного сопротивления, предел текучести.

4) В отличие от двутавровых подкрановых балок, в зоне сопряжения стенки с верхней полкой ППФ развитие магистральной трещины не приведёт к исчерпанию ресурса в целом для конструкции.

Графики значений K_{max} и K -тарировки (Φ) для стали 14Г2АФ в зависимости от длины трещины, места положения в отсеке и локальных напряжений σ_{loc}

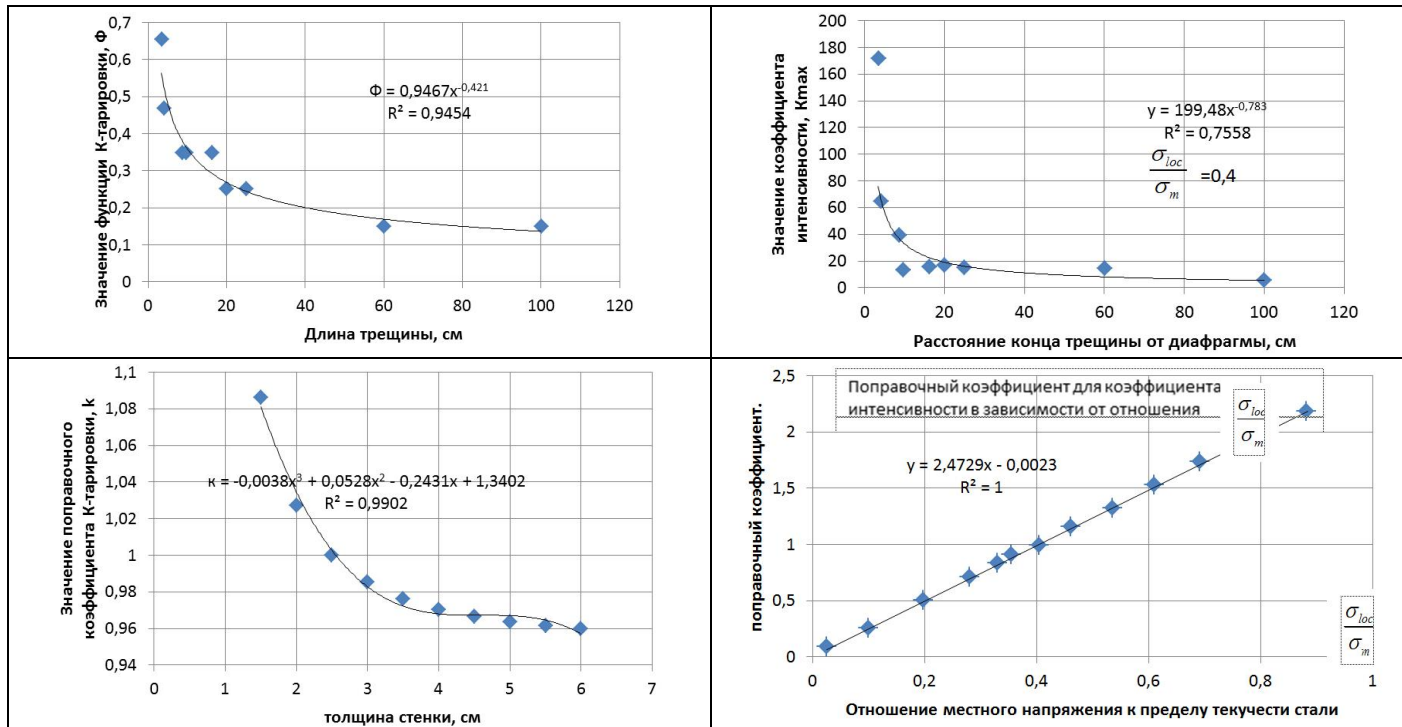


Таблица 10

Графики значений K_{max} и K -тарировки (Φ) для стали 09Г2С в зависимости от длины трещины, места положения в отсеке и локальных напряжений σ_{loc}

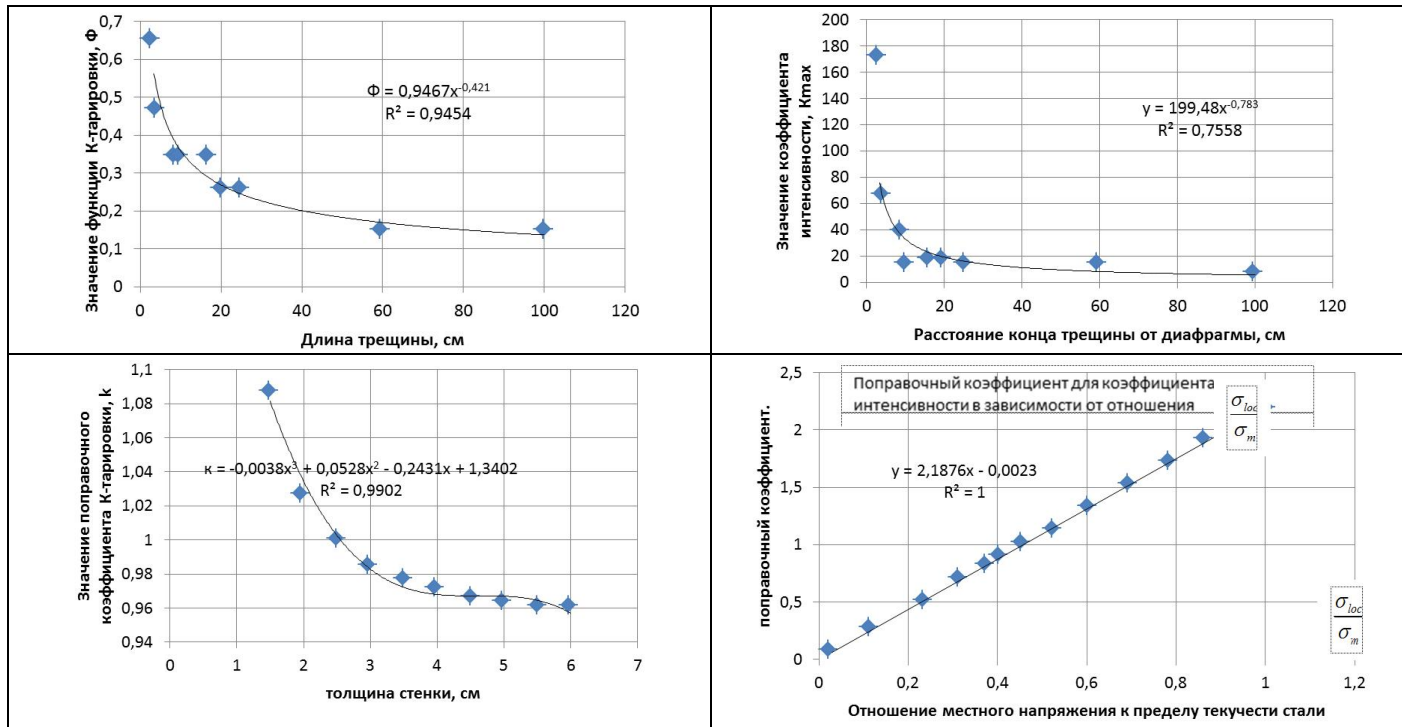


Таблица 11

Зависимость скорости роста трещин от коэффициента интенсивности напряжения K_I вдоль и поперёк прокатки для стали 09Г2С и 14Г2АФ

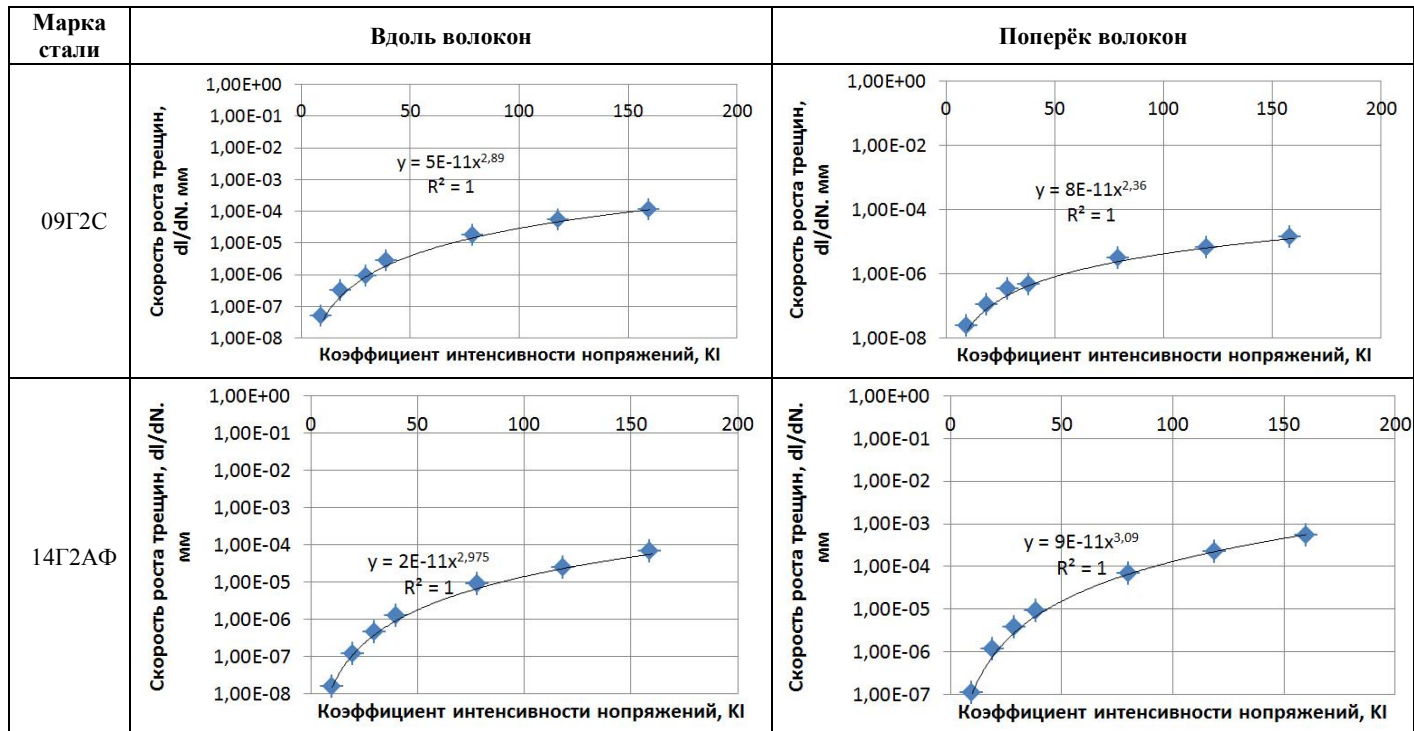


Таблица 12

Закономерность скорости роста трещин и коэффициентов интенсивности напряжений K_I в зависимости от зоны расположения трещины по отношению к сварному шву

Зона расположения трещины	При температуре +20°C	При температуре -70°C
Основной металл (ОМ)	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, K_I</p> <p>$y = 1E-09x^{3.5}$ $R^2 = 1$</p>	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, K_I</p> <p>$y = 8E-09x^{2.62}$ $R^2 = 1$</p>
Околошовная зона (ОШЗ)	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, K_I</p> <p>$y = 1E-09x^{3.56}$ $R^2 = 1$</p>	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, K_I</p> <p>$y = 8E-09x^{2.84}$ $R^2 = 1$</p>

Зона расположения трещины	При температуре +20°C	При температуре -70°C
Зона сварного шва	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, KI</p>	<p>Скорость роста трещин, dl/dN, мм</p> <p>Кoeffициент интенсивности напряжений, KI</p>

Библиографический список

1. Ерёмин К.И., Шульга С.Н. Напряженно-деформированное состояние узлов подкраново-подстропильных ферм // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №6. С. 52-55.
2. Ерёмин К.И., Шульга С.Н. Закономерность повреждений подкраново-подстропильных ферм на стадии эксплуатации// Промышленное и гражданское строительство. 2013. №4. С. 40-43.
3. Pinto J. M. A., Pujol J. C. F., Cimini C. A. Probabilistic cumulative damage model to estimate fatigue life// Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. 2013, Vol. 37, pp. 85-94.
4. Benjamin V. Fell, Ph.D., P.E. and Amit M. Kanvinde, Ph.D. Recent Fracture and Fatigue Research in Steel Structures// STRUCTURE magazine. 2009, no. 2, pp.14-17.
5. Артюхов В.Н., Щербаков Е.А., Горицкий В.М., Шнейдеров Г.Р. О состоянии подкрановых конструкций корпуса конвертерного производства ОАО «Северсталь»//Промышленное и гражданское строительство. 2001. №6. С. 31-34.
6. Kawasaki T., Nakanishe S., Sawaki I. Tangle crack growth // Engineering Fracture Mechanics. 1975, no. 3, pp. 12-18.
7. Сабуров В.Ф."Закономерности усталостных повреждений и разработка метода расчетной оценки долговечности подкрановых путей производственных зданий"Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Челябинск - 2002-С. 388.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ СПОРТКОМПЛЕКСА ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ НАГРУЗКАХ*

Обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений с массовым пребыванием людей является первостепенной задачей технических служб собственников объектов.

Нередко в процессе строительства таких сложных объектов подрядными организациями вносятся существенные изменения в конструктивные решения, которые не согласовываются с проектной организацией и не отражаются в исполнительной технической документации.

* *Грибанов Я.И., Быков А.А., Калугин А.В. ООО Научно-проектная фирма «Надежность», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г.Пермь*

За продолжительный период от проекта до сдачи объекта в эксплуатацию (из-за перерывов в строительстве по финансовым и др. причинам) меняются нормы проектирования, что приводит к появлению за-проектных нагрузок на основные несущие конструкции объекта.

В процессе эксплуатации на конструкции объекта воздействует ряд неблагоприятных факторов, например, агрессивность среды эксплуатации, что зачастую не в полной мере учитывается при разработке проекта.

В таких случаях важную роль в обеспечении нормальной безопасной эксплуатации зданий и сооружений играет система мониторинга технического состояния объекта, которая позволяет в режиме реального времени оценивать текущее состояние основных несущих конструкций объекта, принимать своевременные решения по предупреждению аварийных ситуаций.

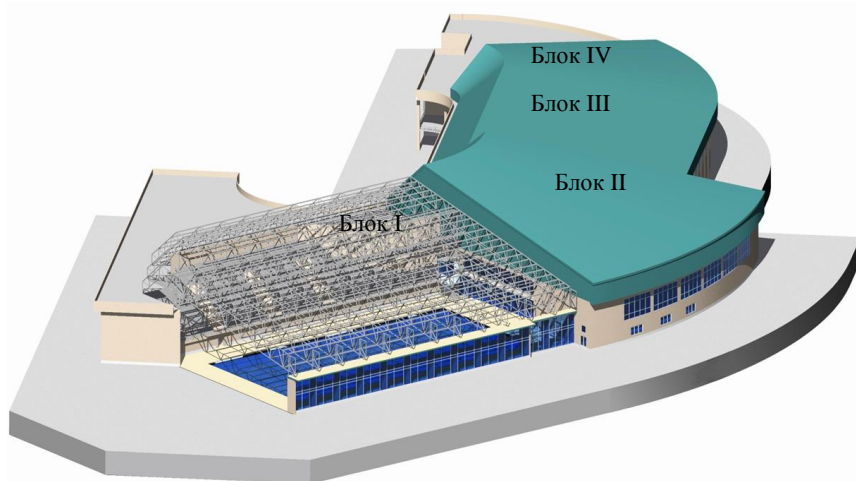


Рис. 1. Общий вид спортивного комплекса

Рассматриваемый объект – спортивный комплекс в г.Перми, состоящий из четырех заблокированных зданий различного функционального назначения (рис. 1). Строительство объекта велось с 1992 по 2005 гг. (с перерывом в строительстве с 1995 по 2002 гг.) сначала югославской фирмой с участием зарубежных и российских субподрядчиков, а на заключительном этапе – только российскими строителями. На рассматриваемом объекте присутствуют все негативные факторы, отмеченные выше:

– был период приостановки строительства без консервации объекта, когда несущие конструкции подвергались неблагоприятным воздействиям (атмосферные осадки, конденсат, перепады температур);

- в ходе строительства неоднократно менялись объемно-планировочные и конструктивные решения, причем без согласования с генпроектировщиком, контракт с которым (югославской фирмой) к тому моменту уже был прерван, эти изменения в исполнительную техническую документацию не вносились;
- к моменту ввода объекта в эксплуатацию изменились многие нормативные документы, в частности, нормы по нагрузкам и воздействиям, нормы по тепловой защите зданий и др.

Учитывая сложность объекта и отмеченные выше негативные факторы, перед его вводом в эксплуатацию были проведены работы по обследованию технического состояния строительных конструкций. На основе анализа материалов проведенных обследований можно сформулировать основные проблемы объекта:

- недостаточная несущая способность стропильных ферм блока I в зоне примыкания к блоку II от расчетного сочетания нагрузок, в связи с изменением в ходе строительства высоты примыкающего блока II (перепад высот возрос с 1,40 до 3,40 м) и, соответственно, увеличением снеговой нагрузки на нижележащие стропильные фермы (в зоне снегового мешка);
- несоответствие принятой в проекте конструкции кровли новым нормативным теплотехническим требованиям. Необходимость замены кровли с увеличением толщины утеплителя до требуемых параметров привело к возрастанию постоянных нагрузок на фермы покрытия от новой более тяжелой кровли;
- при изготовлении стропильных ферм заводом-изготовителем металлоконструкций была допущена замена марок (классов) стали в поясах стропильных ферм без согласования с проектной организацией (вместо низколегированной стали С345 по проекту фактически применена сталь С285);
- за период длительного (более 5 лет) нахождения объекта в стадии незавершенного строительства без консервации объекта во внутренних полостях элементов коробчатого сечения ферм накопилась конденсационная влага, что вызвало развитие коррозионных процессов внутри замкнутых полостей элементов ферм (сечение элементов ферм коробчатое из двух швеллеров);
- в монтажных узлах стропильных ферм вместо предусмотренных проектом высокопрочных болтов были поставлены болты нормальной прочности;
- фактическая работа опорных узлов несущих конструкций покрытия отличается от проектной, в частности, шарнирно-подвижная опора под стропильной фермы уперлась в стену по оси «53», шарнирно-подвижные опоры стропильных ферм по оси «И» оказались закреплен-

Предотвращение аварий зданий и сооружений

ными от горизонтального перемещения кирпичной стеной и бетонным полом;

- система связей по покрытию не соответствовала российским нормам и была изменена по сравнению с первоначальным проектом;
- узлы крепления прогонов подвесного потолка (от самого подвесного потолка отказались на завершающем этапе строительства) к нижним поясам стропильных ферм, изменили проектную схему примыкания нижних поясов стропильных ферм к подстропильной ферме.

Основываясь на результатах обследования, был выполнен сравнительный анализ проектных и фактических нагрузок (табл. 1), который свидетельствует о возрастании нагрузок.

Современные методы обследования несущих конструкций и сооружений в целом позволяют дать объективную оценку их состояния, выявить дефекты, причины их возникновения и способы устранения, установить экономическую целесообразность ремонта, усиления, замены дефектных конструкций или сделать заключение о необходимости реконструкции или демонтажа сооружения.

Учитывая уникальность и ответственность объекта, собственником объекта в соответствии с новыми нормами было принято решение организовать мониторинг технического состояния металлоконструкций покрытия блока I, в котором находится большой плавательный бассейн с ванной 50×25 м и трибунами на 1000 зрителей и вспомогательные помещения.

Таблица 1

Анализ проектных и фактических нагрузок

Наименование нагрузки	Значение нормативных нагрузок, кН/м ²		Разница, %	Примечание
	по проекту	по факту		
Постоянные				
Собственный вес элементов покрытия	0,49	0,54	10	Добавился вес элементов усиления ферм и дополнительных связей
Собственный вес кровли	0,23	0,68	67	Изменился состав кровли в связи с новыми нормами по теплотехнике
Временная				
Снеговая нагрузка в зоне примыкания к блоку II	4,7	9,6	51	Изменился СНиП «Нагрузки и воздействия». Изменился перепад высот между блоками I, II с 1,4 до 3,4 м

Система мониторинга металлоконструкций покрытия была выстроена в соответствии с конструктивными особенностями исследуемых конструкций и включает в себя:

- систематическое визуальное освидетельствование конструкций и узлов металлоконструкций покрытия;
- геодезические измерения вертикальных перемещений контрольных точек металлоконструкций покрытия относительно опорных реперов в зимний период в зависимости от фактической нагрузки на покрытие (при этом ведется измерение толщины снежного покрова на кровле и определение плотности снега);
- тензометрию деформаций стержней металлоконструкций покрытия в режиме реального времени;
- измерение толщины стенок замкнутых профилей элементов металлоконструкций покрытия два раза в год, из-за попадания вовнутрь коробчатых сечений элементов воды и возможного развития коррозионных процессов стальных элементов в среднеагрессивной среде бассейна.

Основной задачей мониторинга является оценка работоспособности несущих металлоконструкций покрытия здания. В качестве критериев работоспособности приняты показатели прогибов стальных стропильных ферм и подстропильной фермы, а также уровень нормальных напряжений в элементах металлоконструкций в различные периоды года (при наличии и отсутствии снеговой нагрузки на кровле объекта).

Для оценки деформаций несущих стальных конструкций принят метод тензометрирования. В качестве источников первичной информации использованы фольговые тензодатчики электрического сопротивления 2ФКПА-20-200-А.

Датчики деформаций были наклеены на наиболее нагруженные элементы по результатам проверочных расчетов. Все датчики ориентированы параллельно продольным осям стержней для измерения продольных деформаций в них. Компенсационные датчики наклеены на стальные пластины, которые закреплены рядом с рабочими датчиками одной стороной. Для наклейки тензодатчиков на стержни стропильных ферм использован однокомпонентный моментальный клей на основе этилцианакрилата.

Регистрация показаний датчиков ведется с помощью измерительной системы «Терем-4». Универсальный измеритель-регистратор «Терем-4» является представителем нового поколения техники измерения параметров разных физических и производственных процессов. Основой регистратора является микропроцессорное центральное устройство, к которому по трехпроводной линии подключаются адаптеры связи с датчиками.

Адаптеры изготавливаются индивидуально и могут обслуживать до восьми датчиков одного или различного видов. Между центральным

Предотвращение аварий зданий и сооружений

устройством и адаптером информация передается в цифровом виде и хранится энергонезависимой flash-памятью при выключении питания прибора. Интерфейс связи с компьютером позволяет передавать сохраненные данные из прибора в персональный компьютер. Переданные данные хранятся в компьютере в формате Excel и могут быть представлены с помощью индивидуальных программ в виде таблиц, графиков, диаграмм и т.д. На рис. 2 представлен график показаний одного из датчиков деформаций посредством программы «Терем-4».

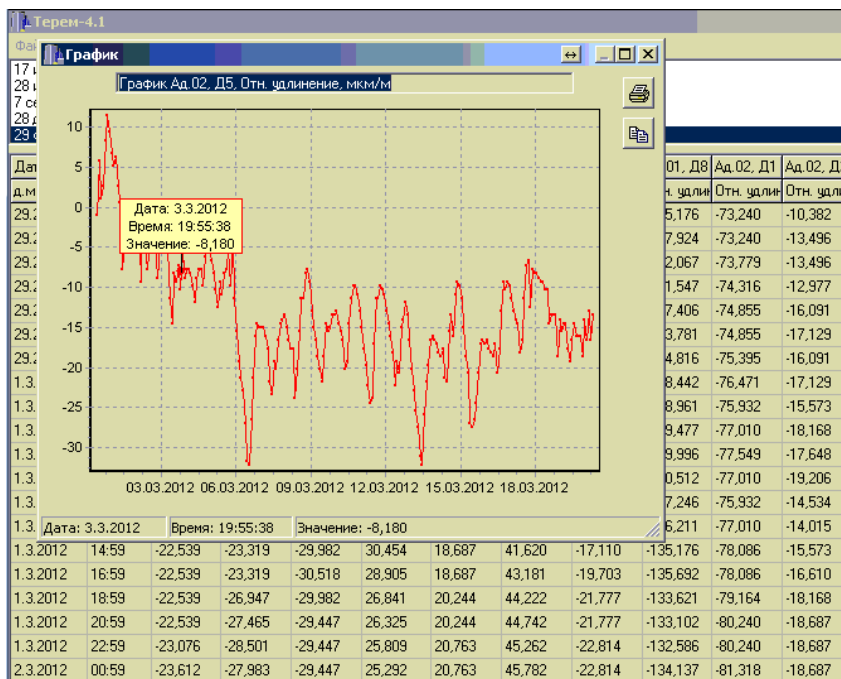


Рис. 2. Пример построения графиков показаний датчиков деформаций в программе «Терем-4»

После монтажа датчиков деформаций они были соединены с адаптером, который в свою очередь был подключен к персональному компьютеру (рис. 3). Для удобства и оперативности считывания данных ПК был подключен к сети Интернет через 3G-модем. С помощью специальных программных средств была отлажена система автоматического сбора информации с регистрирующих устройств и ее отправка на мониторы специалистов. Считывание и отправка данных происходят каждые 12 часов. Данный временной интервал наиболее оптимален по информативности данных и ее объему.



Рис. 3. Подключение регистрирующего прибора «Терм-4» к ПК

Как отмечалось выше, в ходе работ по обследованию металлоконструкций покрытия была обнаружена вода в замкнутых полостях элементов коробчатого сечения (прогонах, элементах стропильных ферм). Механизм попадания воды во внутренние полости элементов коробчатого сечения не вполне ясен, вероятно, произошло проникновение атмосферной влаги вовнутрь элементов через дефекты сварных соединений в процессе строительства и последующий период приостановки строительства. Еще одной возможной причиной попадания воды в замкнутые полости элементов, является конденсат.

Для выпуска воды было проведено сплошное сверление отверстий в нижней зоне во всех элементах замкнутого сечения. Вода была обнаружена примерно в 400 элементах. Количество воды в элементах различно: от нескольких миллилитров до 50 литров. Цвет воды, выпущенной из элементов, также различный: от прозрачного до мутно-коричневого цвета, что свидетельствует о наличии коррозионных процессов внутри элементов замкнутого сечения. Ряд элементов (прогоны покрытия, отдельные элементы нижних поясов ферм) из-за расширения воды при замерзании в зимнее время в период приостановки строительства приобрели «бочкообразную» форму и были заменены или усилены.

С целью контроля скорости коррозионных процессов внутри элементов, была налажена система выборочного контроля толщин стенок

замкнутых профилей. Для определения фактических геометрических характеристик сечений стропильных конструкций и для учета коррозионных процессов, протекающих в замкнутых полостях стержней элементов, проводилось измерение толщины стенок замкнутых профилей элементов с помощью ультразвукового прибора «Взлёт-УТ» (точность измерений прибора 0,01 мм).

Общее количество точек контроля 100, месторасположение точек контроля определялось таким образом, чтобы обеспечить выявление зон, в которых процессы коррозии протекают наиболее интенсивно. Специально для этого был взят под контроль нижний пояс одной из стропильных ферм, в котором точки контроля располагаются с интервалом в 1 м, начиная с ее опорной части. По контуру сечения точки контроля расположены на ровной поверхности (стенка швеллера, стенка квадратной трубы, стенка двутавра). При выполнении замеров соблюдались все требования инструкции по пользованию прибором (точка контроля зачищалась с помощью инструментов и наждачной бумаги до зеркального блеска металла, наносился тонкий слой литола для лучшего контакта датчика с поверхностью металла и защиты последнего от возможной в дальнейшем поверхностной коррозии и др.).

Основное внимание было обращено на растянутые стержни. Также были проведены замеры для стержней, в которых воды не обнаружено. При освидетельствовании состояния стальных конструкций покрытия для проверки наличия воды в замкнутых полостях сечений снимались заглушки, герметизирующие просверленные отверстия. Отсутствие воды под заглушками дает основание полагать, что при существующих условиях эксплуатации конденсат во внутренних полостях стержней не образуется. Дополнительно были просверлены отверстия в замкнутых полостях стержней подстропильной фермы для выявления и выпуска попавшей туда воды. По результатам сверления вода в стержнях подстропильной фермы не обнаружена, что можно объяснить высоким качеством сварных швов, которые по проекту подлежали повышенному контролю с использованием физических методов.

Анализ результатов замеров позволяет сделать вывод, что в целом наблюдается динамика уменьшения толщины стенок прокатных швеллеров. Так уменьшение толщины стенок стержней стропильных ферм, состоящих из двух спаренных швеллеров №14 составило 0,15 мм за все время наблюдения, то же для №12 – 0,3 мм, для №16 – 0,42 мм, для №10 – 0,25 мм.

Результаты замеров позволили сделать вывод, что коррозионное повреждение элементов на участках, расположенных выше границы двух сред (вода – воздух), больше, чем на участках, находящихся долгое время под слоем воды. Однако скорость протекания процессов коррозии на всех участках примерно одинакова.

Для объективной оценки технического состояния объекта необходимо также иметь адекватную расчетную модель объекта, позволяющую выполнять прочностные расчеты конструкций с учетом влияния различных факторов. металлоконструкции покрытия блока I представляют собой сложную систему ферм, связей, балок подвесного потолка и т.д., состоящую из более 3000 элементов (рис. 4). В данной работе моделирование несущих конструкций покрытия было выполнено в программном пакете ANSYS, а для учета изменения геометрических характеристик сечений элементов с учетом коррозионных процессов был разработан модуль, написанный в среде MathCAD.

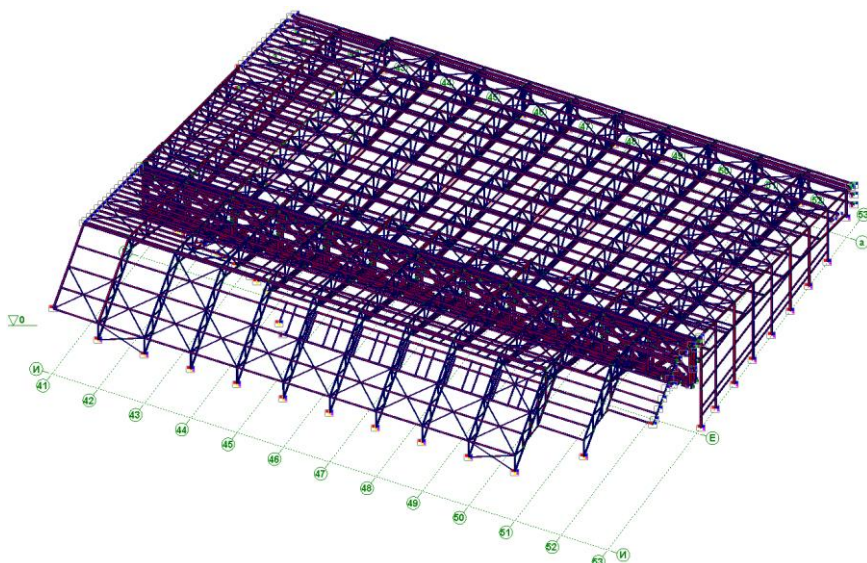


Рис. 4. Расчетная схема покрытия спортивного сооружения

Расчетный модуль в MathCAD позволяет учесть все особенности поперечных сечений элементов в характеристиках жесткости, автоматизировать расчет геометрических характеристик стержневых элементов покрытия, учесть изменение геометрических размеров сечения на величину, равную уменьшению толщины сечения стенки элементов ферм с внутренней стороны, которое происходит в результате коррозии стали. В качестве исходных данных для расчета программа использует геометрические размеры поперечных сечений прокатных профилей, приведенных в соответствующих ГОСТах. Необходимо отметить, что анализ геометрических характеристик при численном интегрировании для сечений стандартных прокатных профилей швеллеров по ГОСТ 8240-89 показал

их неполное совпадение с данными сортамента. Основные геометрические характеристики для рассмотренных сечений отличаются от данных, приведенных в сортаментах в среднем на 5%. Аналогичные результаты для геометрических характеристик неослабленных сечений получены при расчетах с помощью модуля «Конструктор сечений» программы SCAD Office.

Результаты окончательного расчета характеристик жесткости стержней размещаются в текстовом файле, который переносится в программу статического расчета покрытия в среде ANSYS.

Для оценки адекватности расчетной модели был поставлен натуральный эксперимент, при котором замерялись прогибы и относительные деформации существующего покрытия от воздействия снеговой нагрузки. В качестве контрольной нагрузки для покрытия служил вес снега, величина которого определялась прямым взвешиванием одновременно с проведением измерений перемещений контрольных точек (рис. 5).

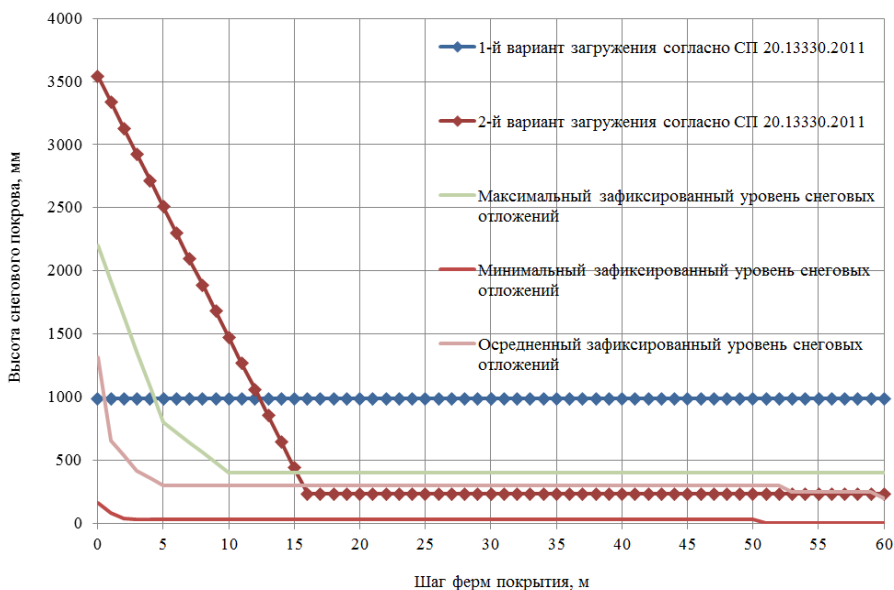


Рис. 5. График снеговых отложений на покрытии спорткомплекса

Отличительной особенностью результатов геодезических измерений спортивного комплекса является возможность выделения перемещений контрольных точек от действия только снеговой нагрузки и сравнения их с результатами, полученными при расчете модели покрытия от действия той же нагрузки (рис. 6).

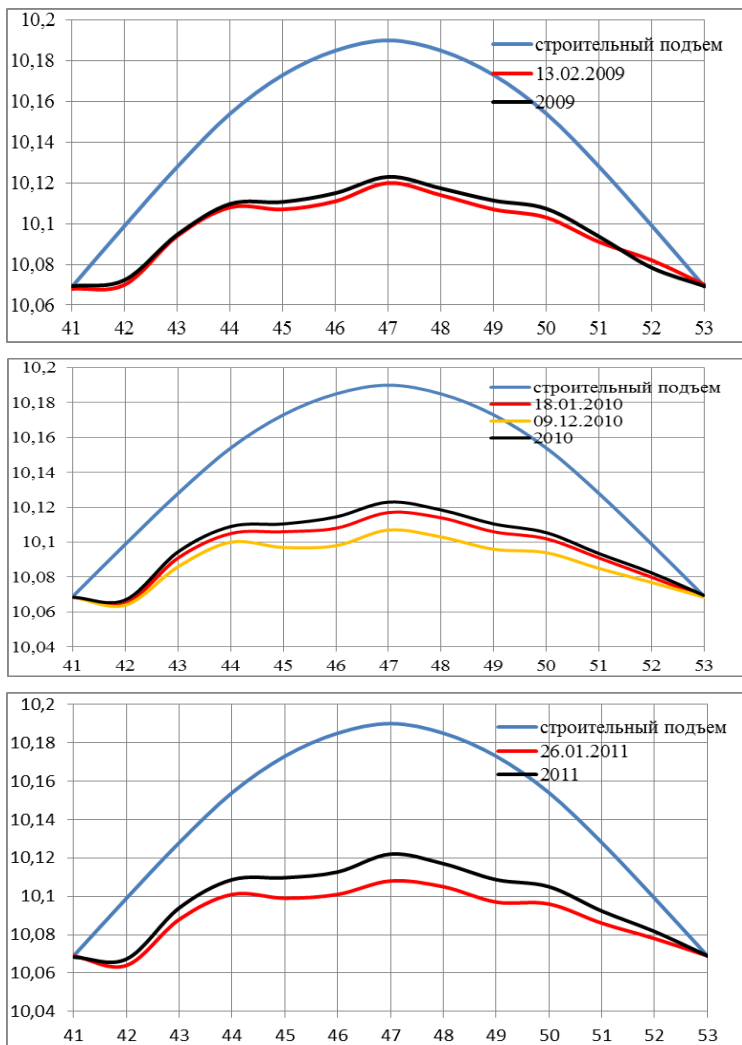


Рис. 6. Диаграммы высотных отметок контрольных точек подстропильной фермы:

- кривая строительного подъема фермы;
- кривые высотных отметок контрольных точек, зафиксированных при снеговых отложениях на покрытии на конкретную дату;
- кривая высотных отметок контрольных точек, зафиксированных при отсутствии снеговых отложений на покрытии, построенная по средним в течение года значениям

Прогиб стропильных ферм зависит от прогиба подстропильной фермы (рис. 7). Так стропильная ферма имеет прогиб f в середине пролета от действия постоянной и длительной нагрузки. Под действием снеговой нагрузки опорные узлы нижнего пояса по оси «Е» стропильных ферм перемещаются на величину a , то есть практически на величину вертикальных перемещений контрольных точек, зафиксированных на нижнем поясе подстропильной фермы. Перемещение опорных узлов стропильных ферм на величину a вызывает перемещение контрольных точек в середине пролета на величину b , прямо пропорциональную величине a , при этом действие снеговой нагрузки дополнительно вызывает перемещение контрольных точек на величину f' . Таким образом, разность высотных отметок контрольных точек без снеговой нагрузки и со снеговой нагрузкой (величина c) не равна прогибу стропильных ферм при действии снеговой нагрузки, в отличие от подстропильной фермы.

Проведенный эксперимент показал хорошую сходимость натуральных измерений прогибов с результатами теоретического расчета сооружения.

После того как была выполнена оценка адекватности расчетной модели, был разработан алгоритм расчета с учетом коррозионных процессов, протекающих в конструкциях покрытия и как следствие изменений геометрических характеристик сечений элементов (рис. 8).

Результаты статического расчета стержневой конструкции покрытия в виде текстового файла из программы ANSYS транспортируются в модуль программы MathCAD и используются для расчета напряженного состояния стержней несущих элементов. Этот расчет составляет третий этап работы и выполняется с целью проведения оценки работоспособности покрытия по критериям первой и второй групп предельных состояний: прочности и устойчивости. Расчет значений компонентов тензора напряженного состояния в стержнях несущих элементов покрытия с учетом коррозии внутренней поверхности полого сечения так же выполняется в MathCAD.

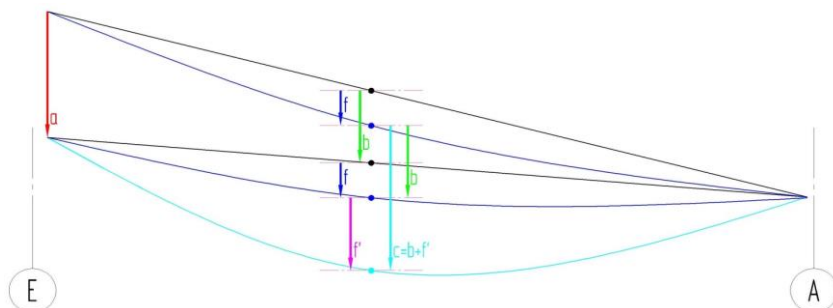


Рис. 7. Схема к определению прогиба стропильной фермы

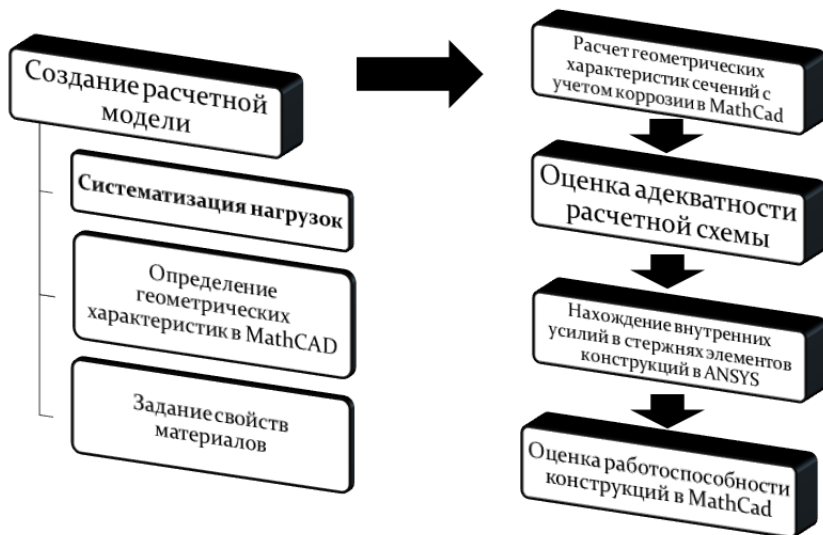


Рис. 8. Алгоритм расчетного комплекса по анализу напряженно-деформированного состояния несущих конструкций покрытия с учетом коррозионных процессов

На рис. 9 представлена пространственная деформированная модель покрытия объекта.

Вычислительный комплекс ANSYS и разработанный расчетный модуль в MathCAD позволяют оценивать влияние коррозионных процессов, протекающих в замкнутых полостях несущих элементов покрытия, а также выполнять автоматический пересчет покрытия по группам предельных состояний.

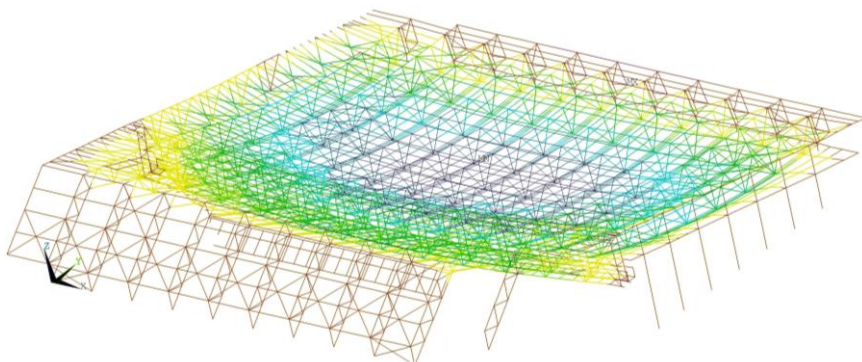


Рис. 9. Пространственная деформированная модель покрытия объекта

Для оценки влияния на напряженно-деформированное состояние покрытия различных факторов был выполнен ряд расчетов по компьютерной модели с использованием методов планирования эксперимента. В данной работе методы планирования эксперимента использовались для оценки влияния варьируемых факторов и выбора оптимальных условий закрепления опорных узлов подстропильной фермы (ПФ) и стропильных ферм (СФ).

Ниже приведены допущения для граничных условий опорных узлов и условий сопряжения стержней ПФ и СФ, справедливость которых оценивалась с помощью методов планирования эксперимента:

- плита балансира опорного узла ПФ по оси «53» уперта в вертикальную плоскость железобетонной балки кровли на отм. +10,000 м по оси «54», что позволяет считать, что горизонтальное перемещение нижнего узла фермы по оси «53» в сторону оси «54» запрещено;
- при устройстве монолитной железобетонной стены по оси «53» консоль верхнего пояса ПФ оказалась в бетоне на глубину 286 мм, что позволяет считать, что перемещения верхнего узла фермы запрещены;
- узлы опирания СФ на железобетонные конструкции каркаса по осям «А» и «И» запроектированы в виде плиточных шарниров, однако остались не срезанными установочные болты, что позволяет считать, что их поворот и перемещения запрещены;
- свободному ходу листовых шарниров в узлах крепления нижних поясов стропильной фермы к подстропильной мешают прогоны подвесного потолка;
- сопряжения стержней СФ выполнены на сварке через фланцы, сопряжение стержней ПФ выполнено на болтах, что позволяет считать, что существует определенная податливость данных соединений.

Из других факторов, влияющих на НДС металлоконструкций покрытия, были рассмотрены следующие:

- изменение геометрических характеристик сечений элементов за счет усиления отдельных элементов, включение в работу элементов усиления;
- изменение расчетной схемы подстропильной фермы и стропильных ферм за счет изменения характера закреплений опорных узлов.

Выяснилось также, что на НДС металлоконструкций покрытия большое влияние оказывает включение в работу вспомогательных элементов покрытия: прогонов кровли, прогонов подвесного потолка, связей и даже конструкций ходовых мостиков по нижним поясам ферм.

Проведенные расчеты показали, что несущая способность основных несущих конструкций покрытия объекта от фактически действующих нагрузок и воздействий, обеспечена, напряжения в наиболее нагруженных элементах и узлах не превышают 70% от расчетных.

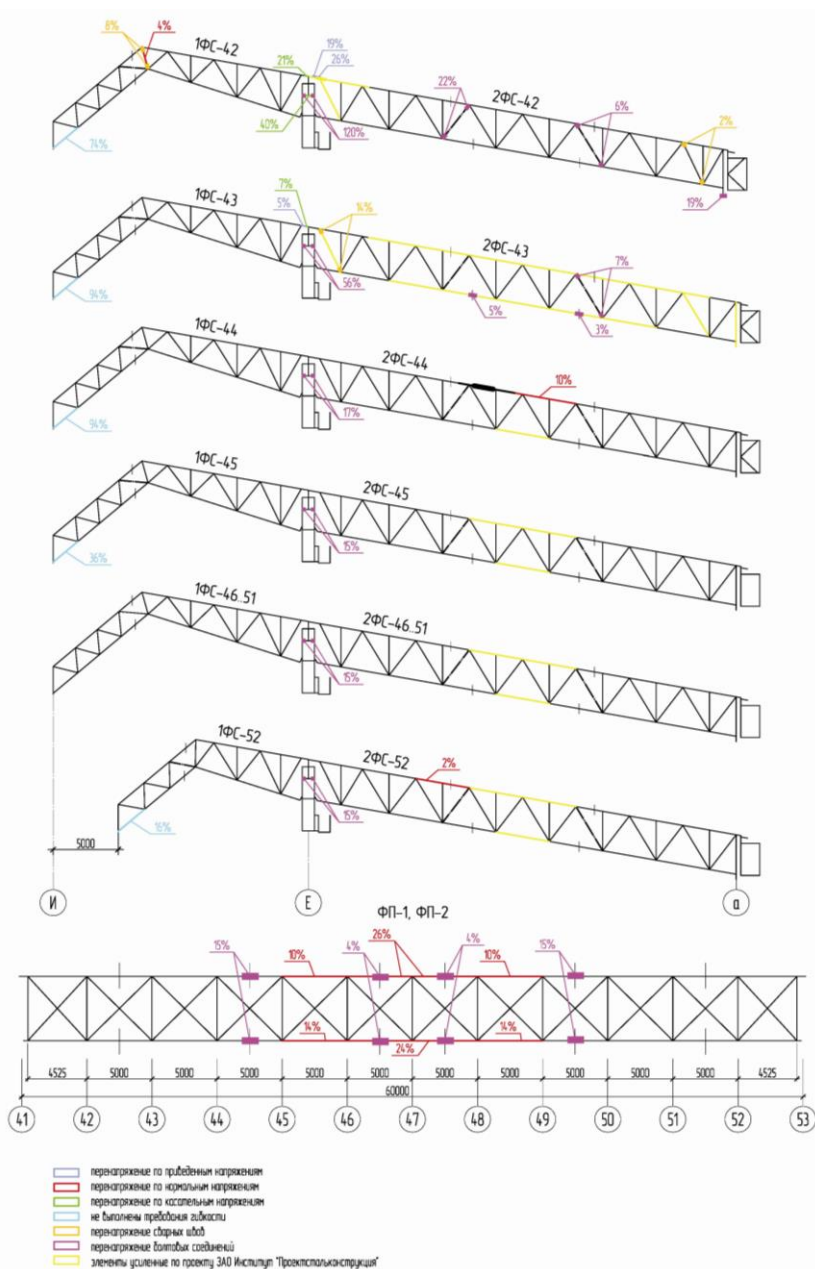


Рис. 10. Схемы ферм с указанием элементов и узлов, несущая способность которых не обеспечена от воздействия полных расчетных нагрузок

Однако, при сочетании ряда неблагоприятных факторов от расчетного сочетания нагрузок (с учетом максимального снега по СНиП) возможно появление элементов с перенапряжениями от 4 до 24% (рис. 10).

Общая оценка технического состояния металлоконструкций покрытия объекта – ограниченно работоспособное. Дальнейшая безопасная эксплуатация объекта возможна только при постоянном мониторинге технического состояния и ограничении снеговой нагрузки в зоне возможного образования снегового мешка (на участке примыкания к блоку II, где есть перепад высот).

Выводы

1. Разработанная методика мониторинга технического состояния объекта с помощью методов тензометрирования и прямого измерения прогибов конструкций позволяет вести контроль за состоянием металлоконструкций покрытия в режиме реального времени и может быть применена на подобных объектах с похожими проблемами.
2. Создание пространственной математической модели объекта с проверкой адекватности расчетной модели прямым натурным экспериментом позволили установить закономерности деформационных процессов в несущих конструкциях покрытия.
3. С помощью разработанной методики оценки НДС несущих конструкций объекта появилась возможность своевременно устанавливать необходимость проведения текущих ремонтных мероприятий по поддержанию или восстановлению нормативного технического состояния конструкций, предупреждать появление внештатных ситуаций.

Библиографический список

1. Грибанов Я.И., Калугин А.В., Быков А.А. Организация мониторинга технического состояния стальных несущих конструкций покрытия спортивного комплекса // Промышленное и гражданское строительство – 2011. - №7(2). – С.6-8.
2. Оценка адекватности компьютерной модели несущих конструкций покрытия спортивного комплекса на основе анализа действия снеговой нагрузки / Я.И. Грибанов, А.В. Калугин, А.А. Балакирев, А.А. Быков // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. - №7(2). – С.9-11.
3. Грибанов Я.И., Калугин А.В. Мониторинг технического состояния металлоконструкций покрытия спортивного комплекса // Вестник ПГТУ «Строительство и архитектура». – 2010. - №1. Тематический выпуск «Теория и практика инженерного обследования строительных конструкций зданий и сооружений».

4. Грибанов Я.И., Балакирев А.А., Калугин А.В. Расчет геометрических характеристик прокатных профилей // Сборник материалов международной научной студенческой конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». В 3-х частях. – 2009. – Ч.3. – С.129.
5. Грибанов Я.И., Быков А.А., Калугин А.В. Система измерений перемещений и деформаций несущих металлоконструкций спортивного комплекса // Теоритические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 31 января 2012 г. В 10 частях. Часть 2; Мин. Образования и науки Рос. Федерации. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. – С.44-46.

ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЙ*

Историческим наследием нашей русской культуры являются культовые здания, разбросанные по ближним и дальним рубежам российских областей. Десятилетия атеистической идеологии в государстве серьезно сказались на состоянии многих храмов и церквей, являющихся не только великолепными архитектурными объектами, но и выдающимися примерами строительного мастерства наших предков. В культовых зданиях гармонично сочетаются архитектурно-композиционные решения и виртуозные строительные приемы кирпичной кладки стен, сводов и куполов. Важной задачей на современном этапе социально-экономического развития общества является восстановление храмовых зданий, которые не утратили эксплуатационных свойств или техническое состояние которых позволяет воссоздать их конструктивные и художественные характеристики.

Крупным культовым зданием, возведенным в середине 19-го века, является церковь Засима и Савватия в с.Усть-Суерском Белозерского района Курганской области. Эта церковь двухэтажная: верхний этаж – летняя церковь, нижний – теплая церковь, эксплуатировалась зимой, как отапливаемая часть всей церкви. По сохранившимся архитектурным деталям композиционно-художественное решение церкви можно отнести к барочному стилевому направлению. По архитектурно-планировочной

* Пунгин В.Л., Пунгина Т.В. Научно-исследовательское архитектурно-проектное предприятие «НИАП», Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, г.Курган

структуре здание церкви имеет трехчастное построение: притвор и трапезная, центральная часть (наос) и алтарь. Первый этаж перекрыт каменными сводами. В перекрытии и северной стене сохранился канал дымохода печи отопления первого этажа. Над притвором возвышается колокольня высотой более 27 м. Трапезная второго этажа перекрывалась деревянными балками, которые были выполнены из бревен диаметром более 30 см. Балки перекрывали пролет 8 м, сохранились гнезда под балки в поперечных стенах церкви. Центральная часть церкви в плане квадратная, перекрывается куполом со световым проемом в зените. Купол завершал световой барабан с центральной главой. Высота второго этажа центральной части церкви до основания купола составляет 10 м. Алтарь перекрывается каменным сводом.

В рамках работ по восстановлению здания было выполнено обследование строительных конструкций церкви. За период десятилетий запущенности и даже варварского отношения к данному церковному зданию образовались различной степени дефекты, разрушения и утраты отдельных частей. На отдельных участках стен произошло выветривание и разрушение кирпичной кладки на глубину до 150 мм, значительное разрушение наружного декоративного штукатурного слоя. К серьезным повреждениям и утрате элементов привело отношение людей к своему культурному наследию. Были разрушены центральная глава и барабан над куполом церкви, крыша и перекрытие над трапезной, с западной части входная двухэтажная часть здания (рис. 1).



Рис. 1. Церковь Засима и Савватия в с. Усть-Суерское

В процессе обследования были выявлены трещины, носящие сквозной характер, в южной стене трапезной от карниза до верха оконного проема первого этажа, в восточной стене алтаря, в стене между центральной частью и алтарем (рис. 2, 3). В одной из шей угловой главки в кирпичной кладке выявлены продольные трещины. Наличие трещин в цокольной части стен здания церкви не выявлено. Для определения конструкции фундамента и наличия грунтовых вод были устроены шурфы до подошвы фундамента. Фундамент представляет собою кирпичную кладку толщиной 1,5 м, выполненную по толщине кирпичных стен. При вскрытии грунтовых вод обнаружено не было, грунт не насыщен влагой. Это позволило сделать вывод, что образование трещин не вызвано деформациями фундамента из-за неравномерной осадки основания.



Рис. 2. Трещина в южной стене трапезной



Рис. 3. Трещины в стене алтаря

Характер образования трещин от карниза стен здания и их расположение позволяет сделать вывод, что происхождение связано с проникновением в тело стены влаги по причине разрушения кровли.

Была выбрана методика восстановления здания церкви по этапам, первоначально тех элементов, которые в большей степени влияют на состояние стен и внутреннего пространства церкви. В первую очередь были разработаны проектные решения по восстановлению крыши над трапезной, центральная глава с барабаном, глава над колокольной (рис. 4). В процессе реконструкции воссоздаются элементы покрытия, обеспечивающие защиту внутреннего пространства и стен здания. Восстановление эксплуатационных свойств кирпичной кладки предусматривается путем инъектирования цементно-полимерных составов. Сохранение прочностной и несущей способности стен обеспечила их массивность, которая определяется толщиной кирпичной кладки 1,5 м в основании.

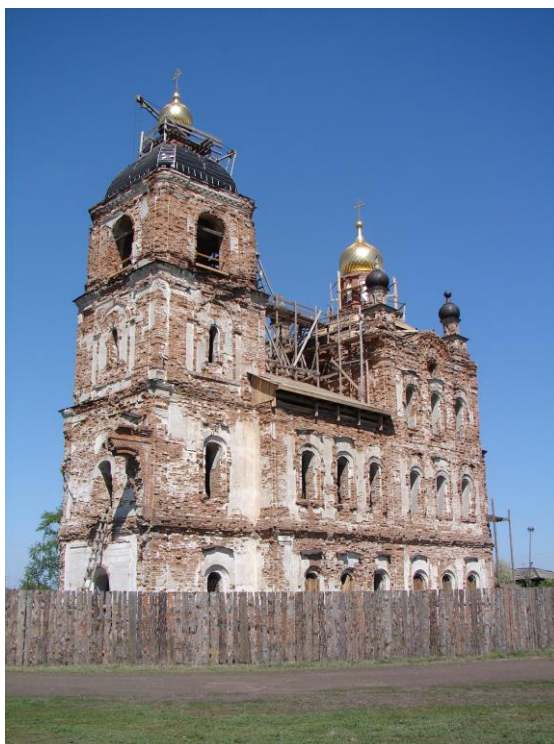


Рис. 4. Работы по восстановлению церкви Засима и Савватия в с. Усть-Суерское

Характер повреждений строительных элементов здания церкви не приводит к критическому (аварийному) состоянию несущих конструкций, что обеспечивает условие для воссоздания церкви и устранения возникших повреждений кирпичной кладки стен.

Культовые здания, обладающие массивностью стен, имеют большой запас надежности для продолжительного периода эксплуатации. Это позволяет осуществлять восстановление данных типов зданий после длительного существования в неблагоприятных условиях.

Библиографический список

1. Архитектурное наследство / Отв. ред. И.А. Бондаренко. Вып. 49. – М.: КомКнига, 2008. – 344 с.
2. Архитектурное наследство/ Отв. ред. И.А. Бондаренко. Вып. 52. – М.: КомКнига, 2010. – 344 с.
3. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт: Учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 312 с.
4. Практика реставрационных работ / Под ред. Ш.Е.Ратия, П.Н.Максимова. Сборник второй. – Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – М., 1958. – 184 с.

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ*

Транспортерные галереи относятся к одному из самых сложных объектов проектирования. Ошибки на стадии проектирования, в процессе строительства и при эксплуатации могут привести к авариям и обрушениям.

Целью исследовательской работы являются выявление наибольшей повреждаемости строительных конструкций галерей и разработка вариантов их усиления.

В ходе исследований были рассмотрены различные галереи, обследование которых проводилось в 1997-2004 годах, и составлена их классификация (табл. 1, рис. 1-4).

* *Пермяков М.Б., Трубкина И.В. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

Классификация рассмотренных галерей

<i>Классификации галерей</i>	<i>Количество галерей, %</i>
<i>По расположению</i>	
Подземные	10,3
Надземные	76,9
Подземно-надземные	12,8
<i>По очертанию</i>	
Горизонтальные	41,07
Наклонные	53,80
Полигонального очертания	5,13
<i>По форме</i>	
Цилиндрические	2,6
Прямоугольные	97,4
<i>По количеству транспортеров</i>	
Один транспортер	59
Два транспортера	36
Три транспортера	5

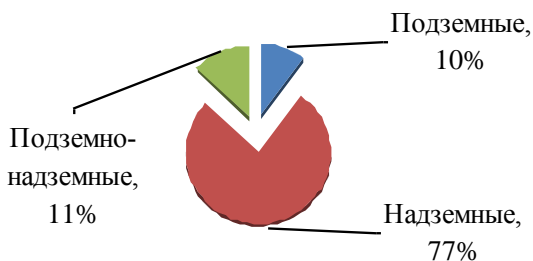


Рис. 1. Классификация галерей по расположению

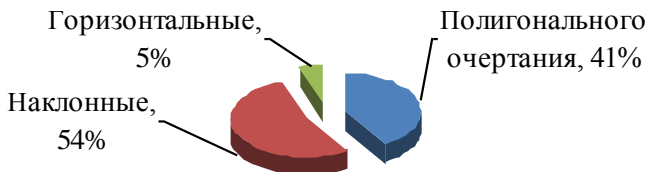


Рис. 2. Классификация галерей по очертанию

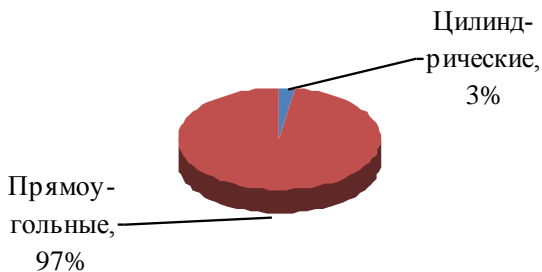


Рис. 3. Классификация галерей по форме

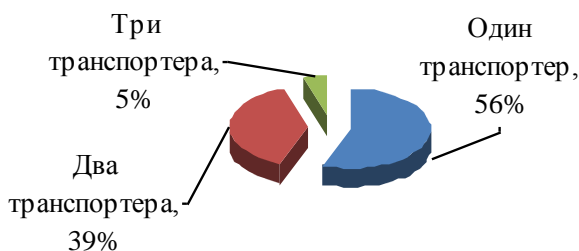


Рис. 4. Классификация галерей по количеству транспортеров

По данным табл. 1 видно, что наиболее распространенными являются надземные наклонные галереи прямоугольного очертания с одним или двумя транспортерами.

Кроме того, тогда же был проведен анализ повреждаемости транспортерных галерей (табл. 2, рис. 5).

Таблица 2

Анализ повреждаемости транспортерных галерей

<i>Виды конструкций</i>	<i>Виды дефектов (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Проценты</i>
Покрытия	Остаточный прогиб балок покрытия	2	1,562
	Замачивание плит покрытия	2	1,562
	Разрушение плит покрытия	12	9,375
	Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	2	1,562
	Общие погибы	2	1,562
	Разрушение прогонов	1	0,781
	Коррозия прогонов	1	0,781
Итого:		22	17,19

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Продолжение табл. 2

<i>Виды кон- струкций</i>	<i>Виды дефектов (повреждения)</i>	<i>Повторя- емость</i>	<i>Проценты</i>
Кровля	Разрушение карнизной части кровельного покрытия	4	3,125
	Провисание фрагментов кровельного покрытия	1	0,781
	Отсутствие защитного ограждения на кровельном покрытии галереи	4	3,125
	Разрушение рубероидного ковра галереи	4	3,125
	Скопление пыли и строительного мусора на кровле	2	1,562
	Протекание кровли	1	0,781
<i>Итого:</i>		16	12,5
Перекры- тия	Разрушение плит перекрытия	9	7,031
	Промачивание перекрытия	4	3,125
	Общие погибы	1	0,781
	Отсутствие элементов несущих кон- струкций галереи	2	1,562
	Прогибы	1	0,781
<i>Итого:</i>		17	13,28
Фермы	Провисание связей по фермам	2	1,562
	Деформирование и кручение раскосов верхних связевых ферм	2	1,562
	Разрыв раскоса связевой фермы по ниж- ним поясам главных ферм галереи	2	1,562
Фермы	Общие погибы	14	10,938
	Отсутствие элементов несущих кон- струкций галереи	2	1,562
	Трещины в сварных швах крепления про- кладок к уголкам	2	1,562
	Коррозия металлоконструкций галереи	9	7,031
	Прогибы	1	0,781
<i>Итого:</i>		34	26,56
Опоры	Погибы элементов опор галереи	2	1,562
	Разрушение защитного слоя бетона с ого- лением арматуры консоли опоры	8	6,25
	Отсутствие элементов по ветвям опоры	2	1,562
	Разрушение сварных швов крепления со- единительных уголков распорки опоры	6	4,687

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 2

<i>Виды конструкций</i>	<i>Виды дефектов (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Проценты</i>
Опоры	Выпадение утеплителя у стальной опоры посередине галереи	2	1,562
	Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	2	1,562
	Трещины в сварных швах крепления прокладок к уголкам	1	0,781
	Коррозия металлоконструкций галереи	4	3,125
Итого:		27	21,09
Стеновое ограждение	Разрушение штукатурного слоя стенового ограждения	2	1,562
	Разрушение стенового ограждения	5	3,906
	Локальное разрушение узлов крепления стенового ограждения	1	0,781
	Частичное разрушение металлических сливов, установленных в нижней части стенового ограждения галереи	1	0,781
Итого:		9	7,03
Пол	Частичное разрушение бетонного покрытия пола	1	0,781
	Разрушение защитного слоя ребристых плит	2	1,562
Итого:		3	2,34
Всего:		128	100

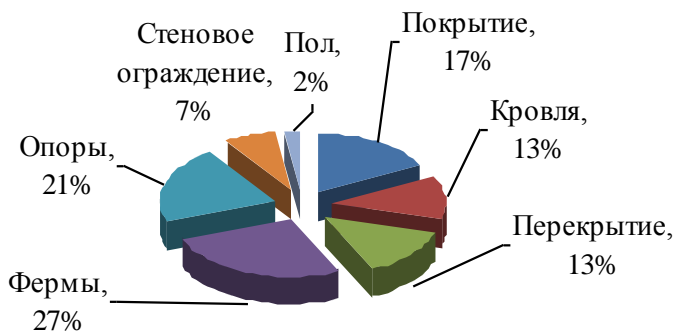


Рис. 5. Анализ повреждаемости
транспортных галерей

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Из табл. 2 видно, что повреждения ферм и опор наиболее распространены.

Были рассмотрены наиболее часто встречающиеся повреждения ферм (табл. 3, рис. 6).

При анализе сведений, приведенных в табл. 3, видно, что основными повреждениями ферм являются погибы и коррозия (табл. 4 и 5, рис. 7 и 8).

Таблица 3

Повреждаемость ферм

<i>Наименование дефекта (повреждения)</i>	<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Провисание связей по фермам	Провисание крестовой связи по верхнему поясу главных ферм	1	2,94
	Провисание узлов пересечения элементов верхних связевых ферм	1	2,94
Итого:		2	5,88
Деформирование и кручение раскосов верхних связевых ферм	-	2	5,88
	Итого:		2
Разрыв раскоса связевой фермы по нижним поясам главных ферм галереи	-	2	5,88
	Итого:		2
Погибы	Общие погибы	10	29,42
	Местные погибы (до 20 мм) фасонки	4	11,76
	Итого:		14
Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	1	2,94
	Отсутствие крепления в узлах отдельных элементов верхних связевых ферм	1	2,94
Итого:		2	5,88
Трещины в сварных швах крепления прокладок к уголкам	-	2	5,88
	Итого:		2

<i>Наименование дефекта (повреждения)</i>	<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Коррозия	Коррозия металлоконструкций галереи	3	8,83
	Общая коррозия (до 15%) поперечных нижних балок	1	2,94
	Коррозия (до 5%) уголков раскоса главной фермы в месте сопряжения с нижним поясом	1	2,94
	Коррозионный износ (до 95%) элементов несущих конструкций галереи	1	2,94
	Коррозионный износ (до 50%) в узлах несущих конструкций галереи	1	2,94
	Межщелевая коррозия в несущих элементах конструкций галереи	1	2,94
	Коррозия (до 5%) уголков раскоса главной фермы в месте сопряжения с нижним поясом	1	2,94
Итого:		9	26,47
Прогибы	-	1	2,94
Итого:		1	2,94
Всего:		34	100

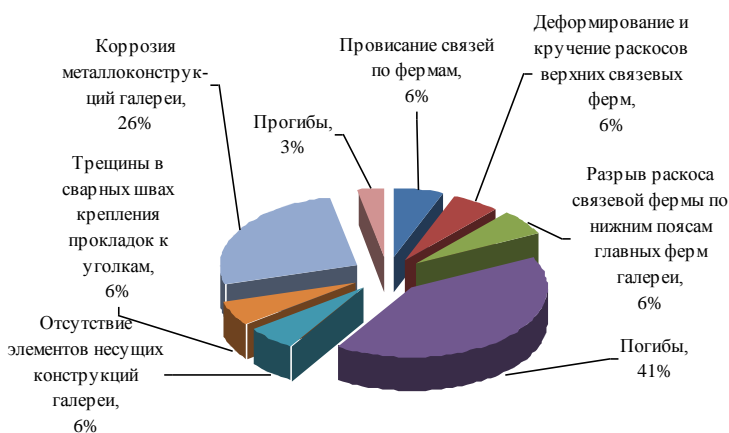


Рис. 6. Повреждаемость ферм

Таблица 4

Погибы элементов ферм

<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Общие потери	10	71,43
Местные потери (до 20 мм) фасонки	4	28,57
Итого:	14	100

Таблица 5

Коррозия элементов ферм

<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Коррозия (до 34%) металлоконструкций галереи	3	33,33
Общая коррозия (до 15%) поперечных нижних балок	1	11,11
Коррозия (до 5%) уголков раскоса главной фермы в месте сопряжения с нижним поясом	1	11,11
Коррозионный износ (до 95%) элементов несущих конструкций галереи	1	11,11
Коррозионный износ (до 50%) в узлах несущих конструкций галереи	1	11,11
Межщелевая коррозия (до 11%) в несущих элементах конструкций галереи	1	11,11
Коррозия (до 5%) уголков раскоса главной фермы в месте сопряжения с нижним поясом	1	11,11
Итого:	9	100

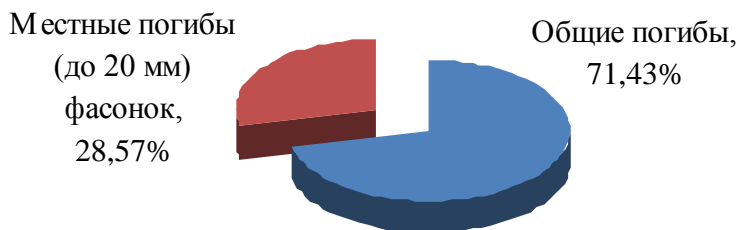


Рис. 7. Погибы элементов ферм



Рис. 8. Коррозия элементов ферм

Так же были рассмотрены наиболее часто встречающиеся повреждения опор (табл. 6, рис. 9).

Таблица 6

Повреждаемость опор и их элементов

<i>Наименование дефекта (повреждения)</i>	<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Погибы	Общие погибы элементов опор галереи	3	11,11
	Общие и местные погибы элементов опор галереи	3	11,11
	Местные погибы элементов опор галереи	2	7,41
Итого:		8	29,63
Разрушение защитного слоя бетона с оголением арматуры консоли опоры	-	2	7,41
Итого:		2	7,41

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Продолжение табл. 6

<i>Наименование дефекта (повреждения)</i>	<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Отсутствие элементов по ветвям опоры	Отсутствие элементов по ветвям опоры	1	3,7
	Отсутствие раскоса соединительной решетки по ветвям опоры	1	3,7
	Отсутствие части уголка раскоса соединительной решетки по ветвям опоры	1	3,7
	Отсутствие элементов соединительной решетки по ветвям опоры	2	7,41
	Отсутствие соединительных уголков по раскосам соединительной опоры	1	3,7
Итого:		6	22,22
Разрушение сварных швов крепления соединительных уголков распорки опоры	-	2	7,41
Итого:		2	7,41
Выпадение утеплителя у стальной опоры в центре галереи	-	2	7,41
Итого:		2	7,41
Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	Отсутствие элементов решетки пространственной жесткой опоры	1	3,705
	Отсутствие элементов несущих конструкций галереи	1	3,705
Итого:		2	7,41
Трещины в сварных швах крепления прокладок к уголкам	-	1	3,7
Итого:		1	3,7

<i>Наименование дефекта (повреждения)</i>	<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Коррозия	Коррозия металлоконструкций галереи	1	3,7
	Коррозия (порядка 15-20%) в нижней части опоры	1	3,7
	Общая коррозия опоры 5%	1	3,7
	Коррозионный износ (до 95%) элементов несущих конструкций галереи	1	3,7
Итого:		4	14,8
Всего:		27	100



Рис. 9. Повреждаемость опор и их элементов

При анализе сведений, приведенных в табл. 6, видно, что основным видом повреждений опор и их элементов являются погибы (табл. 7, рис. 10).

Таким образом, наиболее повреждаемыми конструкциями транспортерных галерей являются **опоры** и **фермы**. Основными повреждениями названных элементов являются общие и местные погибы, а также коррозия.

Погибы элементов опор

<i>Разновидность дефекта (повреждения)</i>	<i>Повторяемость</i>	<i>Процент повторяемости</i>
Общие погибы элементов опор галереи	3	56,25
Местные погибы элементов опор галереи	2	43,75
Итого:	8	100

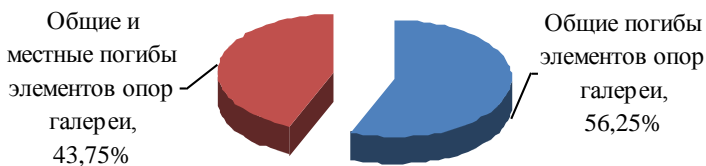


Рис. 10. Погибы элементов опор

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ МОЩНОСТЬЮ 800 МВт*

С целью обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации строительных конструкций фундаментов турбоагрегатов (далее ФТА) мощностью 800 МВт специалистами ООО «ВЕЛД» в 2010-2011 годах были проведены комплексные обследования четырех фундаментов турбоагрегатов (ТА):

- фундамент ТА станции №1 Березовской ГРЭС, г. Шарыпово Красноярского края;
- фундамент ТА станции №2 Березовской ГРЭС, г. Шарыпово Красноярского края;
- фундамент турбогенератора ТГ-1 Пермской ГРЭС;
- фундамент турбогенератора ТГ-2 Сургутской ГРЭС-2.

* *Ницета С.А., Марков К.В. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск, Челябинская область*

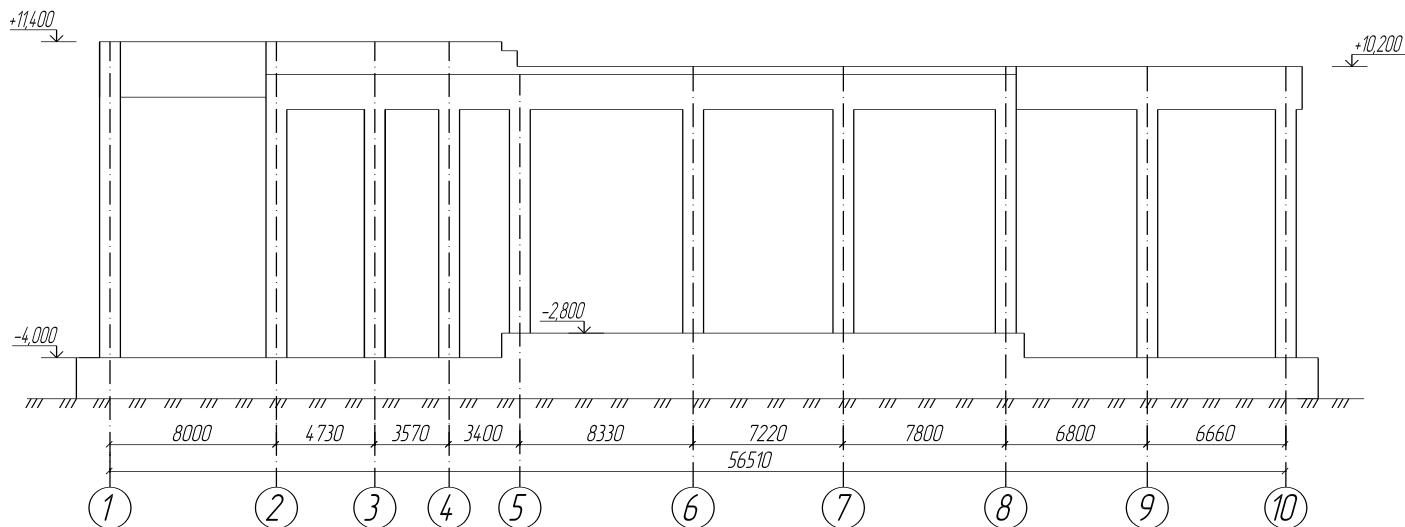


Рис. 1. Схема фундамента

Турбоагрегаты К-800-240-5+ТВВ-800-2ЕУЗ и К-800-240-5+ТГВ-800-2 состоят из последовательно установленных на общем фундаменте цилиндров высокого и среднего давления (ЦВД и ЦСД), трех цилиндров низкого давления (ЦНД), турбогенератора (ТГ) и возбудителя (ВТ).

Фундаменты турбоагрегатов состоят из фундаментной плиты и верхнего строения (рис. 1 и 2). Ступенчатая по толщине плита размером в плане 60,0×11,6 м выполнена из монолитного железобетона. Толщина плиты на участке под ЦНД ТА ст. №1 и №2 составляет 3,2 м, на крайних участках – 2 м, у ТГ-1 и ТГ-2 – 4,0 и 2,8 м соответственно.



Рис. 2. Общий вид фундамента

Верхнее строение выполнено из сборно-монолитного железобетона в виде пространственной стержневой конструкции, состоящей из поперечных и продольных рам. Высота фундамента от поверхности крайних участков фундаментной плиты до отметки площадки обслуживания составляет 15,4 м. Ширина поперечных рам под ЦВД и ДСД – 8,6 м, под ЦНД и ТГ – 11,6 м, под ВТ – 8 м. Длина соответствующих участков в осях «10-8» – 13,46 м, в осях «8-2» – 35,05 м, в осях «2-1» – 8,00 м. Общая протяженность в осях «10-1» составляет 56,51 м.

Поперечное сечение колонн верхнего строения составляет 1000×1000 мм, балок под ВТ – 1800×1000 мм, под ТГ – 3600×1000 мм, в остальных частях фундамента – 2100×1000 мм.

Стыки в узлах сопряжения конструктивных элементов замоноличены бетоном класса В30.

Во время плановых остановок турбоагрегатов производились обмерочные работы, осуществлялся поиск дефектов и повреждений, выполнялась геодезическая съемка, определялась прочность бетона конструктивных элементов и замоноличенных стыков. Регистрация вибра-

ционных характеристик конструктивных элементов фундаментов турбоагрегатов и замеры температуры в характерных точках на их поверхности производились в эксплуатационных режимах. Обмерочные работы велись при помощи лазерного дальномера «Leica Disto D5» и стальной рулетки.

Фактические размеры конструктивных элементов соответствуют проектным.

Выявление дефектов и повреждений выполнялось по визуальной методике. Ширина раскрытия трещин определялась при помощи наборов щупов. Фоторегистрация дефектов и повреждений осуществлялась цифровым фотоаппаратом «SONY».

При обобщении результатов натурных обследований фундаментов турбоагрегатов имели место следующие дефекты и повреждения:

- сколы бетона и оголение арматуры;
- отсутствие заделки каналов цементно-песчаным раствором;
- пропитка отдельных балок минеральным маслом;
- скопление производственной воды и отработанного масла на фундаментной плите;
- трещины в стыках замоноличивания;
- поверхностные трещины в пределах толщины защитного слоя набетонков, продольных и поперечных балок шириной раскрытия до 0,3 мм;
- вертикальные трещины в балках, возникшие в результате разницы температур между верхней и нижней гранями, с шириной раскрытия до 1,1 мм.

Как показали исследования динамических характеристик и поверочные расчеты, поверхностные трещины температурно-усадочного происхождения не нарушают несущей способности балок и не изменяют их динамических характеристик.

Оценка пространственного положения конструктивных элементов фундаментов турбоагрегатов производилась на основании результатов геодезической съемки, которая регулярно осуществлялась на ТА ст. №1 и №2 с 1987 г., на ТГ-1 – с 1998 г. и на ТГ-2 – с 1985 г. В результате проведенного анализа было установлено следующее:

- осадки фундаментов турбоагрегатов являются равномерными;
- величина осадок фундаментов ТА ст. №1 и №2 составляет 0,6-0,7 мм/год, ТГ-1 – 0,75 мм/год, ТГ-2 – до 1,5 мм/год, что не превышает критерий стабилизации среднегодовых осадок, равный 1,5 мм/год.

Прочность бетона определялась неразрушающим ударно-импульсным методом с помощью прибора «ОНИКС-2,5». Прочность бетона колонн, продольных и поперечных балок ТА ст. №1 и №2 соответствует классу бетона В30, ТГ-1 и ТГ-2 – В25.

Прочность бетона фундаментных плит соответствует классу бетона В20.

Замеры виброперемещений элементов фундаментов турбоагрегатов производились с помощью портативного виброанализатора «ВИБРАН-3» для характерных точек (рис.3) в вертикальном, поперечном и осевом направлениях [2].

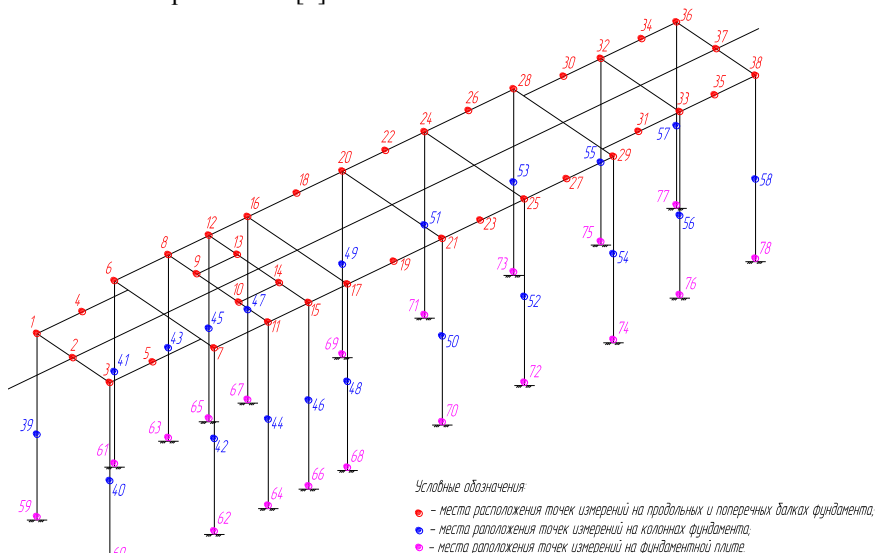


Рис. 3. Схема расположения точек замеров

Исследования выполнялись при нагрузке турбоагрегатов от 520 до 720 МВт. Виброперемещения колонн продольных и поперечных балок ТГ-1 и ТГ-2 не превысили 29 мкм, ТА ст. №1 и №2 – 40 мкм. Максимальные виброперемещения фундаментных плит составили 4 мкм, что не превышает предельное значение, равное 50 мкм [1-3].

Повышенные величины виброперемещений выявлены у колонн, расположенных непосредственно под турбогенераторами.

Замеры температуры на поверхности конструктивных элементов фундаментов турбоагрегатов производились с помощью прибора «Thermo-Cam» E45 в характерных точках (рис. 4).

Температура на поверхности колонн, продольных и поперечных балок ТА ст. №1 изменялась от +20 до +52°С.

Повышенные температуры на поверхности продольных и поперечных балок под ЦВД и ЦСД, превышающие 45°С [1], обусловлены избыточными тепловыделениями от паропроводов высокого давления. Перепад температур на противоположных поверхностях балок достигает 10°С. Максимальная разность температур по высоте колонн составила 19,5°С.

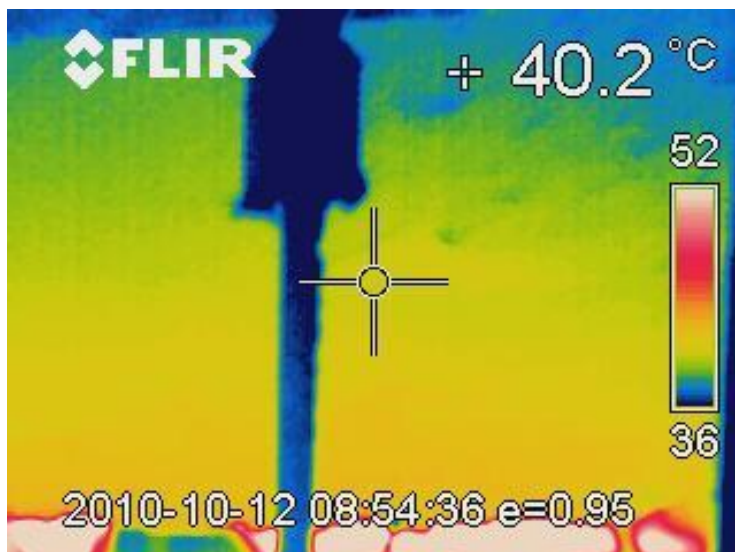


Рис. 4. Температурное поле

Выводы

1. Строительные конструкции фундаментов ТА ст. №1 и №2, ТГ-1 и ТГ-2 соответствуют требованиям нормативной и технической документации в строительстве.

2. Состояние строительных конструкций объектов обследования признано работоспособным в соответствии с критериями оценки возможности использования фундаментов при дальнейшей эксплуатации [1]. При обследовании выявлено отсутствие неравномерных осадок, их предельные значения соблюдены.

Рекомендации

Для обеспечения дальнейшей безаварийной эксплуатации фундаментов турбоагрегатов рекомендуется:

1. Устранить дефекты и повреждения железобетонных конструкций, применяя эффективные ремонтные материалы.

2. Устранить последствия и исключить дальнейшее замачивание элементов фундаментов минеральным маслом и производственной водой.

3. Для уменьшения неравномерного нагрева продольных и поперечных балок под ЦВД и ЦСД предусмотреть устройство теплоизолирующего слоя и систем отвода тепла от конструкций.

Описанные в работе турбоагрегаты достаточно распространены на предприятиях России, и их фундаменты имеют аналогичные дефекты и повреждения. Поэтому рекомендации, данные нами, будут актуальны не только для названных в статье предприятий.

Библиографический список

1. РД 34.21.323-95. Методические указания по обследованию фундаментов турбоагрегатов. – М.: ЦПТИиТО ОРГРЭС, 2006.
2. РД 34.21.306-96. Методические указания по обследованию динамического состояния строительных конструкций сооружений и фундаментов оборудования энергопредприятий. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.
3. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Госстрой СССР. – М., 1998.

Раздел II. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧС – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных целей обеспечения комплексной безопасности и антитеррористической защищенности уникальных объектов является реализация совокупности решений и мероприятий по минимизации последствий террористического акта.

Обращается внимание на важную роль в решении этой задачи мониторинга технического состояния зданий непосредственно в условиях чрезвычайной ситуации.

1. КОНЦЕПЦИЯ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В основу концепции антитеррористической защищенности уникальных объектов положено положение о необходимости обеспечения их комплексной безопасности [1-5].

Особое внимание уделяется критически важным точкам объекта - строительным конструкциям, элементам, узлам, коммуникациям инженерных и других систем, несанкционированное воздействие на которые может привести к прогрессирующему обрушению объекта [2-5].

При проектировании в составе раздела «Обеспечение комплексной безопасности и антитеррористической защищенности» в соответствии с принятыми расчетными (проектными) угрозами и моделью

* *Теличенко В.И., Ройтман В.М. Московский государственный строительный университет*

нарушителя регламентируется [2, 3] определять перечень расчетных кризисных ситуаций, которые могут возникнуть вследствие реализации расчетных угроз.

Обеспечивать организацию оповещения и управления системами комплексного обеспечения безопасности и инженерными системами жизнеобеспечения с целью беспрепятственного и своевременного движения людских потоков из здания должна «Система управления эвакуацией людей в ЧС» (СУЭВ) [2, 3]. Эта система должна обеспечивать:

- **вынужденную эвакуацию** при возникновении чрезвычайной или критической ситуации;
- **превентивную эвакуацию**, когда существует обоснованная возможность реализации конкретной угрозы;
- **тренировочную эвакуацию** при отработке действий при возможных чрезвычайных ситуациях.

Для определения рациональной структуры автоматизированной системы мониторинга и объективного анализа результатов должна быть разработана математическая (компьютерная) модель объекта.

2. ОСОБЕННОСТИ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Основная особенность террористических воздействий на строительные объекты заключается в возникновении и развитии так называемых «комбинированных особых воздействий на объект» [4, 5].

Комбинированное особое воздействие (СНЕ) – чрезвычайная ситуация, связанная с возникновением и развитием нескольких видов особых воздействий на объект в различных сочетаниях и последовательностях.

Основные особые воздействия техногенного характера на строительные объекты: удар (I), взрыв (E), пожар (F), нагрузка (S) и т.д.

Наиболее распространенные комбинированные особые воздействия (СНЕ) с участием пожара характеризуются тем, что [4, 5]:

- а) возникает несколько характерных групп строительных конструкций, имеющих различную степень повреждения;
- б) эти характерные группы конструкций утрачивают свою несущую способность в различные моменты времени (стадии) развития ЧС с участием пожара;
- в) на различных стадиях развития ЧС нагрузка на уцелевшие строительные конструкции по мере выхода из строя более поврежденных конструкций будет увеличиваться;
- г) повышение нагрузки на уцелевшие конструкции будет приводить к соответствующему снижению их критической температуры нагрева и более быстрому наступлению прогрессирующего обрушения объекта.

Необходимо отметить, что реальные кризисные ситуации, которые возникают вследствие реальных угроз [3-5], как правило, не вписываются в перечень расчетных кризисных ситуаций и часто приводят к возникновению новых опасностей и угроз.

3. ТРАГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТСУТСТВИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА НЕПОСРЕДСТВЕННО В УСЛОВИЯХ ЧС

3.1. Противоречивость и неадекватность указаний по системе оповещения и управления эвакуацией из башен ВТЦ во время событий 11 сентября 2001 года

Недостаток информации о состоянии и поведении критически-важных элементов зданий и сооружений приводит к противоречивости и неадекватности указаний по системе оповещения и управления эвакуацией.

Отсутствие мониторинга о состоянии путей эвакуации приводит к увеличению числа жертв террористического нападения на здания и сооружения [4, 5].



Рис. 1. Уникальные высотные башни Всемирного торгового центра в Нью-Йорке во время террористической атаки 11 сентября 2001 года

Во время событий 11 сентября 2001 года (рис. 1) первый самолет таранил Северную башню (ВТЦ-1). Второй самолет, угнанный террористами, врезался в Южную башню (ВТЦ-2) через 17 минут после первого. Несколько сотен людей в Южной башне, увидев развитие событий в Северной башне, решили покинуть башню ВТЦ-2 и с помощью лифтов быстро спустились вниз. Но здесь они были остановлены охраной здания, которая на основе сообщения системы оповещения и управления эвакуацией отправила всех обратно в свои офисы: «Пожар в ВТЦ-1. ВТЦ-2 в безопасности, пожалуйста, вернитесь в свои офисы» («There is a fire condition in WTC 1. WTC 2 is secure. Please return to your offices»). Через несколько минут (после удара второго самолета) эти люди оказались в зоне ЧС.

3.2. Отсутствие информации о состоянии лестничных клеток башни ВТЦ-2 во время событий 11 сентября 2001 года

Основным путем эвакуации людей во время чрезвычайных ситуаций являются лестничные клетки. В связи с этим, с точки зрения обеспечения безопасной и своевременной эвакуации людей к конструкциям лестничных клеток предъявляются особые требования. Например, пределы огнестойкости ограждений лестничных клеток должны иметь максимальные значения для каждого из типов зданий.

При комбинированных особых воздействиях с участием пожара возможно повреждение и разрушение части ограждений лестничных клеток, проникновение опасных факторов пожара в лестничную клетку. В таких условиях своевременная и безопасная эвакуация людей становится невозможной. В этом случае речь может идти только о возможности спасения людей по этой лестничной клетке.

В связи с этими обстоятельствами мониторинг состояния конструкций и среды лестничных клеток непосредственно во время ЧС может стать определяющим фактором принятия правильных решений.

Наличие такого рода мониторинга состояния лестничных клеток в Южной башне, во время событий 11 сентября 2001 года позволило бы значительно сократить число жертв террористической атаки. Дело было в том, что во время этих событий одна из трех лестничных клеток этого здания, несмотря на повреждения ограждающих конструкций, давала возможность спасения людей. К сожалению, только четыре человека случайно смогли воспользоваться этой уникальной возможностью. Эти четыре человека находились выше зоны комбинированных особых воздействий (рис. 2) и смогли спастись, преодолев зону ЧС по этой лестничной клетке. На рис. 3 представлены пути комбинированного (эвакуация – спасение – эвакуация) движения этих четырех человек, которым

удалось покинуть здание ВТЦ-2 до его прогрессирующего обрушения, находясь выше зоны ЧС (81-91 этажи). К сожалению, руководители спасательной операции во время событий 11 сентября и сотни людей, оказавшихся выше зоны ЧС, не знали об этой уникальной возможности спасения.

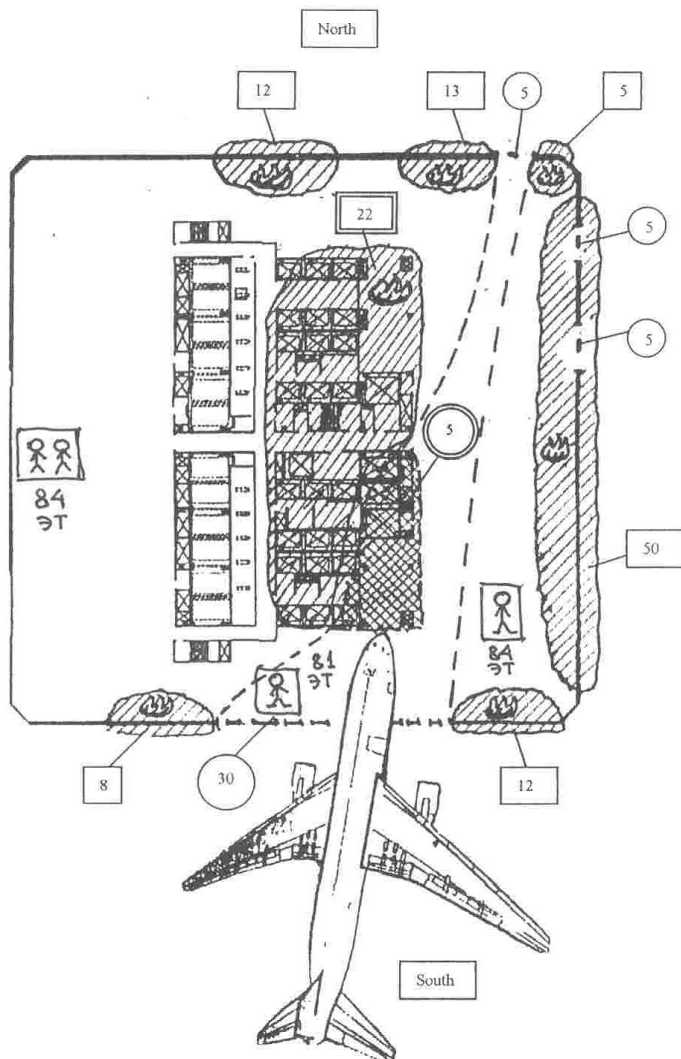


Рис.2. Схема различных зон поражения на плане Южной башни и положение четырех человек (с указанием этажа), которым удалось спастись, находясь выше зоны ЧС во время событий 11 сентября 2001 года

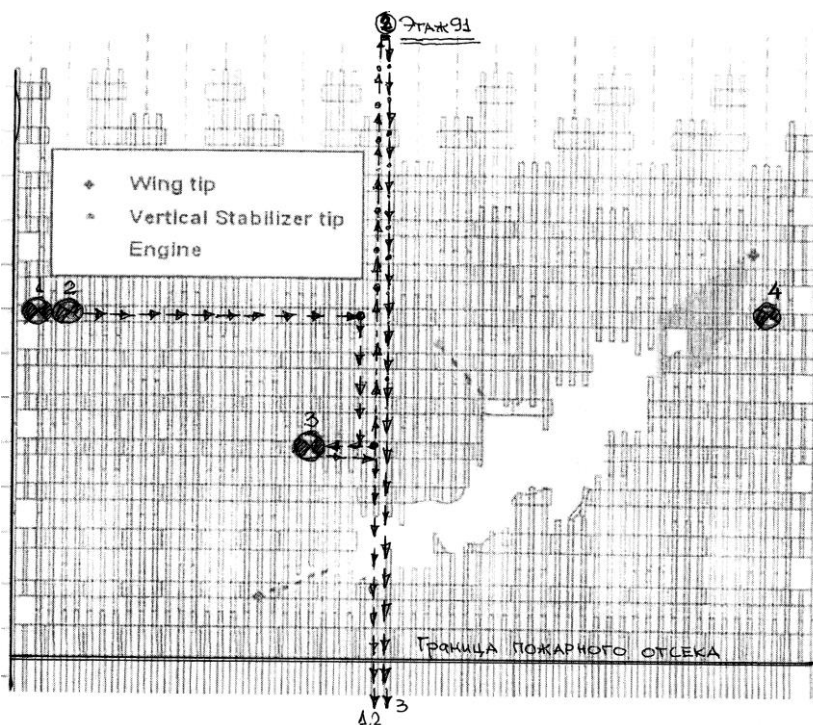


Рис.3. Пути комбинированного (эвакуация – спасение – эвакуация) движения четырех человек, которым удалось покинуть здание ВТЦ-2 до его прогрессирующего обрушения, находясь выше зоны ЧС (81-91 этажи)

3.1. Гибель пожарных в башнях ВТЦ во время событий 11 сентября 2001 года

Более 400 пожарных Нью-Йорка были посланы в зону ЧС в башни ВТЦ во время событий 11 сентября 2001 года.

Трагическим примером последствий отсутствия мониторинга технического состояния конструкций здания в зоне комбинированных особых воздействий, в том числе с участием пожара, является гибель более 400 пожарных Нью-Йорка, которые были посланы в полном боевом снаряжении (рис. 4 и 5) на 80-е, 90-е этажи высотных башен ВТЦ-1 и ВТЦ-2.

Наличие мониторинга состояния несущих конструкций этих башен в зоне ЧС позволило бы своевременно зафиксировать нарастание недопустимых деформаций этих конструкций и отдать распоряжение пожарным немедленно покинуть зону ЧС.



Рис. 4. Пожарные Нью-Йорка 11 сентября 2001 года, прибыли в здания ВТЦ-1 и ВТЦ-2 и в полном снаряжении готовятся выполнить последний приказ о движении вверх, в зону ЧС



Рис. 5. Уменьшение фактической ширины пути эвакуации на лестничных клетках башен Всемирного торгового за счет встречного движения двух потоков людей: людей, эвакуирующихся вниз, и пожарных,двигающихся вверх, в зону ЧС

Приведенные выше прецеденты свидетельствуют о том, что наличие мониторинга технического состояния объектов, непосредственно в условиях чрезвычайных ситуаций может значительно сократить число жертв ЧС [4, 5] и, таким образом, приводят к выводу о необходимости мониторинга технического состояния зданий непосредственно во время фактической кризисной ситуации.

4. ВАЖНОСТЬ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ НЕПОСРЕДСТВЕННО ВО ВРЕМЯ ФАКТИЧЕСКОЙ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ

Живучесть технической системы при возникновении чрезвычайной ситуации – свойство системы сохранять свою работоспособность в течение гарантированного времени в заданных условиях воздействий, в том числе при возникновении чрезвычайной ситуации, которое должно быть обеспечено применением специальных мер, технических мероприятий и проектных решений [2, 3].

Решение этой проблемы возможно путем оценки живучести технической системы при возникновении чрезвычайной ситуации путем рассмотрения «фактической кризисной ситуации» [5]. Для обеспечения комплексной безопасности и антитеррористической защищенности проектируемого объекта должны быть разработаны оперативные планы действий при возникновении не только расчетных кризисных ситуаций, но и при необходимости реагирования на «фактическую кризисную ситуацию».

Возникает необходимость в разработке такой математической (компьютерной) модели объекта для решения комплекса задач, возникающих непосредственно во время ЧС. Решение такого комплекса задач невозможно без автоматизированной системы мониторинга и объективного анализа результатов, поступающих во время ЧС.

Автоматизированная система мониторинга и объективного анализа результатов, поступающих во время ЧС, исходя из фактической угрозы фактической ЧС, должна быть включена в систему обеспечения комплексной безопасности и антитеррористической защищенности объекта, включающую: системы противопожарной защиты (в том числе: автоматическая пожарная сигнализация, автоматическое пожаротушение, противопожарный водопровод, автоматика дымоудаления); систему оповещения и управления эвакуацией людей из здания при возникновении чрезвычайных ситуаций, в том числе при пожаре; систему мониторинга несущих конструкций; систему мониторинга инженерных систем.

Важнейшую роль в рассматриваемых условиях должна играть «Система мониторинга технического состояния несущих конструкций» - совокупность технических и программных средств, позволяющая осуществлять сбор и обработку информации о различных параметрах строительных конструкций (геодезические, динамические, деформационные и др.) с целью оценки технического состояния зданий и сооружений [2-5].

4. ВАЖНОСТЬ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ НЕПОСРЕДСТВЕННО В ЧС ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВАКУАЦИИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ЭТИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотренные выше особенности комбинированных особых воздействий с участием пожара на здания и сооружения приводят к возникновению новых угроз для безопасности людей в этих условиях.

Возникает несколько зон с различным уровнем опасности для людей:

- а) зона непреодолимой опасности, в которой происходит гибель людей и, соответственно, отсутствует возможность обеспечения их безопасности;
- б) зона, где люди подвергаются воздействию некритических опасных факторов СНЕ с участием пожара и речь может идти только об их спасении;
- в) зона, где люди на определенных стадиях развития СНЕ с участием пожара не подвергаются воздействию опасных факторов пожара и возможна организация эвакуации людей в безопасную зону.

Возникновение такого рода зон можно было наблюдать [4, 5] в 110-этажных башнях Всемирного торгового центра во время событий 11 сентября 2001 года.

В зоне удара самолета и взрыва топлива образовалась зона «непреодолимой опасности», где все оказавшиеся там люди погибли почти мгновенно. Люди, оказавшиеся выше зоны удара самолета и взрыва топлива, оказались в зоне, где в течение определенного промежутка времени они оставались в живых. Они не имели возможности для эвакуации. Речь могла идти только об операции по их спасению. Поразительно, но четыре человека, оказавшиеся в Южной башне выше зоны удара самолета и взрыва топлива, самостоятельно сумели спастись за те 56 минут, которые башня сопротивлялась СНЕ.

Люди, оказавшиеся ниже зоны поражения, благодаря системе противопожарной защиты, в своем большинстве благополучно эвакуировались до выходов наружу из здания. Это оказалось возможным, несмотря на то, что фактическая ширина путей эвакуации в башнях ВТЦ, за счет движения пожарных вверх (см. рис. 5) была почти в два раза меньше проектной. Однако, на последнем этапе движения, на выходе из здания, эти люди вновь должны были спастись, оказавшись в опасной зоне падающих сверху обломков.

Таким образом, при СНЕ с участием пожара в зданиях и сооружениях обеспечение безопасности людей в этих условиях является комбинированной процедурой и будет включать несколько этапов: типа «эвакуация – спасение», «спасение – эвакуация», «спасение – эвакуация –

спасение» и т.д., в зависимости от местоположения человека относительно очага СНЕ с участием пожара.

Это также свидетельствует о необходимости мониторинга состояния конструкций, путей эвакуации, границ различных зон поражения непосредственно во время ЧС. Это позволит в реальном масштабе времени и с учетом распознавания ЧС, складывающейся обстановки определять оптимальный вариант решений о способах и возможных путях обеспечения безопасности людей.

В связи с этим возникает необходимость в уточнении названия и смысла понятия «система управления эвакуацией людей в ЧС» (СУЭВ) [2, 3]. Речь должна идти о «Системе управления эвакуацией и спасением людей при возникновении чрезвычайных ситуаций» (СУЭС) при «фактической кризисной ситуации». Должны быть разработаны алгоритмы функционирования СУЭС с учетом комбинированного характера мер по обеспечению безопасности людей, включающих несколько этапов: типа «эвакуация – спасение», «спасение – эвакуация», «спасение – эвакуация – спасение» и т.д., в зависимости от результатов мониторинга реальной ЧС, учитывающего вид, место и масштаб СНЕ с участием пожара.

Система СУЭС должна интегрироваться с системами: звукового, речевого и светового оповещения о пожаре; контроля и управления доступом; охранной сигнализации; пожарной сигнализации; охранного телевидения; аварийного освещения эвакуационных путей; управления инженерным оборудованием объекта.

При разработке СУЭС в соответствии с [2, 3], необходимо учитывать: функциональную структуру здания; разделение на пожарные отсеки; реализуемые СУЭС функции; максимальное количество людей, которое может одновременно находиться в здании; характеристики технических средств, входящих в состав интегрированной системы управления эвакуацией и спасением людей в чрезвычайных ситуациях.

Функции контроля и управления комплексной безопасностью объекта, реализуемые путем устройства на объекте Центрального пункта управления (ЦПУ), необходимо дополнить мониторингом «фактической кризисной ситуации», распознавания ЧС, складывающейся обстановки, и на основе этого определять оптимальный вариант решений по обеспечению живучести объекта, а также способах и возможных путях обеспечения безопасности людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо усовершенствовать систему мониторинга технического состояния зданий и сооружений в части возможности оценки состояния конструкций, путей эвакуации, границ различных зон поражения непосредственно в условиях ЧС.

Это позволит, в реальном масштабе времени, с учетом «фактической кризисной ситуации», распознавания ЧС, складывающейся обстановки, определять оптимальный вариант решений о способах и возможных путях обеспечения безопасности людей и защиты объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон №35-ФЗ от 06.03.2006 г. «О противодействии терроризму».
2. СП 132.13330.2011. Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования. Дата введения 20.09.2011.
3. ТР П-119-05-СБ-01-2010. Технический регламент по проектированию систем антитеррористической защищенности и комплексной безопасности высотных и уникальных зданий.
4. Основы комплексной безопасности строительства: Монография / В.И. Теличенко, В.М. Ройтман, М.Ю. Слесарев, Е.В. Щербина; под ред. В.И. Теличенко и В.М. Ройтмана. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 168 с.
5. Vladimir M. Roymtan, Igor Lukashevich Engineering Method for Prompt Assesment of Structural Resistance against Combined Hazard Effects. – Resilience of Cities to Terrorist and other Threats: Learning from 9/11 and further Research Issues / Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Urban Structures Resilience under Multi-Hazard Threats: Lessons of 9/11 and Research Issues for Future Work. Moscow, Russia, 16 July –18 July 2007. – Published by Springer, 2008, 239-256.

МЕТОДИКА СОХРАНЕНИЯ И РЕСТАВРАЦИИ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ*

Постановка проблемы

Мотивацией к разработке методики и рекомендаций по сохранению и использованию региональных особенностей при строительстве православных храмов сегодня служит такой образ жизни, когда в современной архитектуре мы чаще сталкиваемся с тенденциями глобализации и потери национальной и региональной идентичности. Это происходит

* *Лупуга Р.Н.* Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Донецк, Украина

из-за появления и широкого распространения анонимной архитектуры «стекла и бетона», которая формируется во многом без учёта природно-климатических особенностей, местных традиций и социальных факторов. Политические предпосылки 90-х гг.: распад Союза, укрепление Евросоюза, открытие границ, возможность путешествовать, появление трудовой миграции – привели к изменению взглядов на всегда существовавшие проблемы: вопрос о стремлении разных групп сохранить самобытность и соседские отношения с другими культурами, особенно, если это касается сакральных сооружений.

Региональная тематика отнюдь не ограничивается сферой архитектуры, поэтому необходимо дать более полный взгляд на эту проблему, чтобы понять, как же должен развиваться регионализм в современном сакральном зодчестве. Для этого необходимо рассмотреть максимально широко понятие «регионализм», «идентичность» и родственные ему термины не только в архитектуре, но и во всех смежных областях знания.

Анализ публикаций и исследований

С началом возрождения духовности в нашей стране возникли проблемы в современном сакральном строительстве. Прихожане хотят видеть узнаваемый образ храма с характерной символикой, формой и стилем, а молодые архитекторы стремились шагнуть в ногу с зарубежными веяниями и модой [2]. В каком стиле проектировать храм? Какой должна быть форма при использовании современных строительных материалов?

Историк Украины М.С.Грушевский за рубежом в диаспорах отстаивал национальные принципы строительства и общепринятые каноны [7].

Многие видные специалисты украинского зодчества, такие как Вечерский В.В. [3], Геврик Т. [5], Ярослав Тарас [13] и другие, настаивают на сохранении идентичности в храмостроении, так как это национальная история [10-12]. Большое значение имеют исторические труды о развитии Донбасса. Украинская историография представлена Д. Багалею [1], И. Валлерштейн [4], Г. Карине [9], Ю. Дынгес [8], С. Нестерцова [10], В. Никольский [11], В. Пирко [12], Теодор Фридгут [14], Л. Яруцкий [15] и другие, которые отражают предпосылки, условия формирования сакральных сооружений, а также влияния них других стран. Приоритет первого исследователя принадлежит анонимному автору Синодика (памятника) Святогорского монастыря 1710 года. Именно ему, изучая историю края, принадлежат первые сформулированные предпосылки региональных закономерностей в сакральном строительстве.

Цель данной статьи: выявив основные принципы региональной идентичности, рекомендовать их применению в современном храмостроении и при реставрации сохранившихся памятников зодчества; способствовать привлечению средств к уже существующим историческим и ду-

ховным региональным ценностям, чтобы сохранить их как архитектурное достояние Донбасса. Это необходимо для сохранения национальной культуры проживающих в регионе многочисленных народов и такой отрасли архитектуры, как православное храмообразование.

Основной материал

Применение и использование региональных, национальных традиций предусматривают наличие в проектных решениях православных храмов характерных элементов в духе народной архитектуры того народа, который проживает в исследуемом регионе.

При формировании современных сакральных сооружений необходимо учитывать не только общие тенденции украинской архитектуры, но и уделять большое внимание национальным традициям. Для этого разработаны следующие рекомендации:

- восстановление и реставрация старых сохранившихся православных храмов;
- сохранение региональной идентичности;
- применение национальных традиций в строительстве новых сакральных сооружениях.

1. Следует обратить внимание на следующее обстоятельство, что, кроме композиционных взаимосвязей памятника традиционного храмового зодчества, вернее архитектурной формы храма, с окружающей средой, существует взаимосвязь с пространством данного историко-этнографического региона. Именно под влиянием природно-ландшафтных условий среды местности сформировались и стали традиционными архитектурные формы исторически сложившихся православных храмов.

Таким образом, между архитектурной формой традиционного храма, сформированного в условиях историко-этнографического региона, и соответствующим природным ландшафтом существует органическая связь. Через восприятие архитектурной формы традиционного храма ассоциативно возникают связи сакрального сооружения с соответствующей местностью, хотя существует и может сохраняться в границах историко-этнографического региона, который характеризуется однотипностью ландшафта, природно-климатическими условиями, а также общностью архитектурно-строительных традиций.

2. Народные мастера при творении сооружений использовали исключительно местные материалы, учитывая их конструктивно-технические данные: греческие мастера – исключительно ракушечник и песчаник, западно-украинские – только деревянные, русские мастера – красный кирпич. Соответственно, такая зависимость нашла отражение в региональной общности конструктивно-технических и архитектурно-

художественных приёмах народного строительства, в том числе и храмового, принципа доминантности храма в градостроении.

Использование предложенной методики в архитектурной практике будет иметь не только архитектурно-градостроительное, но и экономическое, социальное и культурологическое значения, о чём будет сказано дальше.

Среди выявленных причин нарушения целостности в современном храмо­строении и существующее состояние православных храмов региона. Это:

- 1) несоблюдение существующих законов;
- 2) подчинение условий проектирования тезисам «храмы строят святые отцы» и «заказчик всегда прав»;
- 3) нарушение исторической среды православных храмов, потеря доминантности;
- 4) нарушение композиционности строя сакральных сооружений;
- 5) упрощение принципа православного канона при строительстве нового храма или незнание (поверхностные знания) канонов и семантики православного храма строителями;
- 6) отсутствие конкретных методов реконструкции памятников архитектуры.

Новое строительство характеризуется:

- изменением доминантности православных храмов над окружающей средой;
- потерей храмами комплексности и ансамблевости за счёт уничтожения храмов;
- неиспользование стилистических и региональных особенностей строителями;
- упрощение канонов сакральных сооружений, что ведёт к изменению формы православных храмов.

При восстановлении храмов как исторических объектов допускаются ошибки:

- нарушение композиционной структуры фасадов реконструируемых зданий сакральных сооружений через отсутствие информационной базы, неумелые проекты по реконструкции исторических зданий или несочетающихся с идеей здания;
- использование современных отделочных материалов и специалистов с реконструкции;
- потеря композиции фасадов через политику приспособления зданий храмов в советское время под хозяйственные постройки.

Следующей ступенью методики предлагается схема основных этапов воссоздания памятников в архитектурно-градостроительном облике на примере городов Мариуполь и Артёмовск.

Первый этап: изучаются границы исследуемой территории города и города в окрестности поселений в границах храма и храмового комплекса, где источниками есть оригинальные планы, летописные данные о городской топодинамике и топографии, работы с исторической топографией, авторские предложения.

Второй этап: рассматривается функциональная характеристика зонирования территории – жилая застройка, улично-дорожная сеть, торгово-административные центры, соборы, церкви, монастыри, городские ограждения, загородные храмовые комплексы, сады, огороды, пашни и все другое, что влияет на формирование архитектурного облика православного храма. Источниками являются оригинальные планы панорамы, исследования по археологии, историческая топография, церковные книги, писцовые, реконструкции авторов.

Третий этап: основа воссоздания храмового комплекса в городской застройке, что означает воссоздание пространственного эталона храмового комплекса или храма по археологическим, архивным исследованиям и реконструкции сооружений. Воссозданию подлежат внутреннее пространство, жилая застройка, если она есть, и пространственная организация храмового комплекса. Источниками при такой реконструкции должны быть археологические исследования, реконструкции отдельных сооружений, изображение на старых планах, рисунках, литературные источники, гипотетические реконструкции авторов.

Четвёртый этап: распространение канонического эталона на территорию города и отдельных поселений. При этом создаётся карта – реконструкция, где отмечены жилая застройка, градостроительные узлы, площади перспективы, панорамы, развёрстки по улицам, сами соборы или церкви или монастыри и храмовые комплексы, создаётся альбом со стилистическими особенностями храмов.

Далее необходима схема, отражающая значимость реализации мероприятий по сохранению и использованию сакральных ансамблей. Так, с архитектурно-градостроительной точки зрения реализация указанных мероприятий будет способствовать сохранению своеобразия городов, повышению общего композиционного звучания, привлечению внимания своим своеобразием, а также оказанию положительного влияния на вновь формирующуюся застройку, располагающуюся смежно с ансамблями, и придаст этой застройке упорядоченность и регулярность.

Следующий этап – **Пятый**, заключается в составлении алгоритма выбора мероприятий по применению региональных особенностей в храмовом строительстве.

Реализация предлагаемых мероприятий даст и экономический эффект, который может заключаться в следующем:

а) развитие туризма и привлечение полученных средств в исторические районы и на реставрацию храмов;

б) повышение престижа районов с историческими сохранёнными и действующими сакральными сооружениями;

в) эффективное использование отреставрированных ансамблевых сооружений не под торговые центры, а под развитие духовности детей и взрослых.

Выводы

Таким образом, использование данной методики в реальной практике храмостроения и реставрации исторических памятников будет иметь важнейшее культурологическое значение, которое связано с образовательной и воспитательной функцией архитектуры и духовности сакральных памятников города или села.

Эффективность внедрения предлагаемых мероприятий может быть также рассмотрена с социальной точки зрения. Так, сохранение и строительство сакральных сооружений в отдельных районах будет способствовать улучшению общего социального микроклимата города, формирование визуального окружения, благоприятно влияющего на психико-эмоциональное состояние человека, способствующего активизации социальных контактов граждан.

Можно предположить, что реализация вышерассмотренных мероприятий позволит не только возобновить прежние функции храмов и храмовых комплексов исторического периода, а также расширит их функции и придаст им принципиально новое звучание, соответствующее духу времени, изменившемуся социально-экономическому развитию городов.

Библиографический список

1. Багалея Д. Очерки из истории колонизации степной окраины Московского государства [Текст] / Д.И. Багалея. – М.: Из Императорского об-ва истории и древностей России, 1887. – С. 87.
2. Васильев О.В. Домовые храмы вузов и действующее российское законодательство. Доклад на Первом фестивале православной студенческой молодёжи России [Электронный ресурс]. Режим доступа // <http://www.pravoslavie.ru/jurnal/donhram.htm/14.10/2002>.
3. Вечерський В.В. Втрачені об'єкти архітектурної спадщини України. – Київ: НАІТІАМ, 2002. 592 с.
4. Валлерштейн И. Справочник Юзовки. – Юзовка, 1908. – С. 353.
5. Геврик Т. Втрачені архітектурні пам'ятки Києва: [Каталог]. 4 вид. Нью-Йорк; Київ: Вид. жур-лу «Пам'ятки України», 1991, 64 с.
6. Грушевський М.С. З історії релігійної думки на Україні (Українське євангельське об'єднання в Північній Америці). Київ: Освіта, 1992. 192 с.

7. Дынгес Ю. Этапы, специфика и перспективы ренессанса в Украине // Межэтнические связи: История, этнография, культурные связи в Донбассе. Д.; ДонГУ, 2000. –С.-118- 130.
8. Карине Г. Переселення вірмен на територію Південно-Східної України // Південно- Східна Україна: зі стародавності до XXI ст./ Матеріали та тези доповідей.- Д.; 2007.С.78-79.
9. Нестерцова С. Роль церкви в розвитку народного образования в Донбассе в конце XIX века.// Донбасс: прошлое, настоящее и будущее. Тезисы докладов и сообщений III региональной научно-практической конференции. (22.19.1994). – Донецк: Лебедь, 1995. – С.38-41.
10. Никольский В.Н. Религиозные течения и группировки в Донбассе середины 1920-х гг. // Новые страницы в истории Донбасса. Статьи-кн.3. – Донецк, 1994. – С.42-56.
11. Пирко В. Пирко В.А. Заселение Донеччины в XVI –XVIII вв. - Донецк, 1995.– С.27.
12. Тарас Ярослав. Українська сакральна дерев'яна архітектура: словник-довідник. – Львів: ІН НАНУ, 2006. -584с.
13. Фридгут Т. Юзовка и революция. В книге 1: «Новые страницы в истории Донбасса», Донецк, 1992.
14. Яруцкий Л. Мариупольские храмы вчера и сегодня.- Мариуполь: 1991. – С. 245.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ*

При строительстве объектов энергетики используется большая гамма строительных материалов. К некоторым из них предъявляют требования высокой прочности, пониженного влагосодержания, повышенной кислотостойкости и теплостойкости (сохранение механических и электроизоляционных свойств). Поэтому исследование композиционных материалов, имеющих в составе теплостойкую цементную структурную составляющую и незначительно электропроводящую полимерную структурную составляющую, является актуальным.

В работе использовали алюминатный цемент, эпоксидную диановую смолу марки ЭД-20, отвердитель эпоксидной смолы марки УП-606/2,

* *Ильин А.Н. ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

Предотвращение аварий зданий и сооружений

оксиэтилцеллюлозу, служащую для совмещения водонерастворимой полимерной системы и гидрофильного цементного раствора в воде. Составы исследуемых композиций приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы композиций

Компоненты	Содержание компонентов, мас. %, в составах							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Цемент	52,60	49,60	47,00	44,70	33,30	19,20	8,40	0
Песок	26,30	24,80	23,50	22,30	16,60	9,60	4,20	0
Вода	21,10	19,90	18,90	18,00	13,30	7,70	3,50	0
Оксиэтил-целлюлоза	0	0,31	0,26	0,24	0,17	0,14	0,07	0
Смола ЭД-20	0	4,90	9,40	13,42	33,30	57,60	76,21	90,91
Отвердитель УП-606/2	0	0,49	0,94	1,34	3,33	5,76	7,62	9,09

С целью определения диапазона соотношений между полимерным и цементным вяжущими, в котором полимерцементный раствор (ПЦР) будет иметь структуру, состоящую одновременно из цементной и полимерной составляющих, были проведены исследования на моделях материала путем исследования их механических свойств. Использовали две модели:

1) для оценки интервала существования минеральной структурной составляющей в полимерцементную смесь не вводился отвердитель полимерного вяжущего, и твердеть имело возможность только цементное вяжущее;

2) для оценки существования полимерной структурной составляющей цемент заменили на молотый кварцевый песок, поэтому твердеть имело возможность только полимерное вяжущее.

Результаты исследований показаны в табл. 2.

Таблица 2

Свойства материалов

Показатели	Состав							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предел прочности при сжатии модели №1, МПа	70	50	40	27	0	0	0	0
Предел прочности при сжатии модели №2, МПа	0	18	28	38	60	70	80	110

Исследования показали, что при соотношении полимер : цемент от 10:90 до 30:70 в ПЦР существует структура, состоящая одновременно из

двух структурных составляющих: цементной и полимерной. Поэтому дальнейшие исследования проводили на составах 2, 3, 4 и для сопоставления на составах 1 и 8.

Контролировались следующие показатели: прочность при сжатии в исходном состоянии и после термостарения при температуре 280°C в течение 1 часа, прочность при сжатии после выдержки в концентрированной соляной кислоте в течение 100 часов, водопоглощение по массе, электросопротивление при относительной влажности воздуха 55-65% в исходном состоянии и после термостарения. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Свойства материалов

Показатели	Состав				
	1	2	3	4	8
Прочность при сжатии, МПа	70	87	93	108	110
То же после термостарения, МПа	56	38	26	16	1
То же после выдержки в кислоте, МПа	0	20	44	66	105
Водопоглощение по массе, %	5,0	1,9	1,3	0,9	0,02
Логарифм электросопротивления, Ом×м	7,3	9,5	10,5	11,0	13,0
То же после термостарения, Ом×м	8,7	10,0	10,7	11,0	12,0

Данные табл. 3 показывают, что свойства эпоксидных ПЦР находятся в промежутке между свойствами цементных и эпоксидных материалов. Например, прочность при сжатии после термостарения: цементные материалы – 56 МПа, ПЦР материалы – 38-16 МПа, полимерные – 1 МПа; электросопротивление: полимерные 10^{12} Ом×м, ПЦР материалы 10^{11} - 10^{10} Ом×м, цементные 5×10^8 Ом×м.

Таким образом, у ПЦР комплекс свойств (прочность при сжатии и электросопротивление) заметно лучше, чем у цементных материалов (малое электросопротивление) и чем у полимерных материалов (малая механическая прочность).

Электрическая прочность ПЦР мало отличается от соответствующих показателей цементных материалов и составляет 3-4 МВ/м, что можно объяснить наличием воздушных пор и включений в цементной структурной составляющей ПЦР.

Диэлектрические характеристики ПЦР заметно лучше, чем у цементных материалов. Так например, диэлектрическая проницаемость у цементных материалов на частоте 50 кГц составляет 12,5, а у ПЦР – 8,5-6,7 (составы 2-4), тангенс угла диэлектрических потерь у цементных материалов на частоте 50 кГц составляет 0,36, а у ПЦР – 0,08-0,05 (составы 2-4).

Кроме того, ПЦР при полимерцементном отношении 0,1-0,3 обладают малым водопоглощением по массе (1,9-0,9% соответственно), со-

храняют прочность после выдержки в концентрированной соляной кислоте 20-66 Ша соответственно, в то время как образцы цементного раствора полностью разрушились.

Из приведенных выше данных можно сделать следующие выводы:

1) эпоксидные ПЦР являются переходными материалами от цементных растворов к эпоксидным полимерным материалам, в которых при соотношении алюминатный цемент : эпоксидные полимер от 10:90 до 30:70 существуют одновременно две структурные составляющие – минеральная и полимерная;

2) наличие двух структурных составляющих позволило получить на ПЦР комплекс свойств (механическая прочность и электросопротивление) недостижимый ни на эпоксидных, ни на цементных материалах в отдельности, что позволяет рекомендовать ПЦР в качестве материала, работающего в условиях повышенных температур и одновременно под действием электрического тока;

3) ПЦР обладает малым водопоглощением и более высокой кислотостойкостью по сравнению с цементными растворами, что показывает принципиальную возможность использования этого материала в качестве штукатурного слоя для ограждающих конструкций из легких бетонов и для газоходов ТЭС и ГРЭС и других объектов котельных установок.

АВТОНОМНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОНИТОРЫ ВИБРАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

В настоящее время ООО «ГлобалТест» выпускает полный спектр (более 300 типов) пьезоэлектрической датчиковой аппаратуры, включая вибропреобразователи с зарядовым выходом и со встроенной электроникой (широкого применения, промышленные и специального назначения), датчики давления, датчики силы, преобразователи акустической эмиссии, вибровыключатели, виброконтроллеры, калибраторы, усилители и согласующие электронные устройства. Их назначение – измерение и анализ механических колебаний и ударов, виброакустические исследования и испытания, непрерывный мониторинг и техническая диагностика промышленного оборудования, аттестация рабочих мест и промышленная санитария [1].

* *Киричѳв А.А., Миронов А.Г., Татаркин С.А.*

ООО «ГлобалТест», г.Саров, Нижегородская область, «D in D centrs », г.Рига, Латвия, ООО «ПИ Геореконструкция», г.Санкт-Петербург

Число заказчиков быстро растет и уже превышает полторы тысячи. Почти у каждого заказчика – свои специфические требования.

По техническому заданию компании «D un D centrs» (Латвия, г.Рига) [2] разработаны автономные диагностические мониторы вибрации АДМВ-01 (рис.1) и АДМВ-02 (рис. 2), предназначенные для мониторинга состояния строительных конструкций, зданий и сооружений по ISO 4866: 2010 [3].

Основные технические характеристики АДМВ-01 и АДМВ-02 представлены в табл. 1.



Рис. 1



Рис. 2

Таблица 1

Наименование	Размерность	АДМВ-01	АДМВ-02
Рабочий диапазон частот с затуханием на границах не более 1 дБ	Гц	3 - 200	
Диапазон амплитуды измеряемого виброускорения	м/с ²	0,05-50	
Диапазон амплитуды измеряемого виброскорости	мм/с	0,05-50	
Встроенный фильтр верхних частот со спадом амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) не менее 20 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	Гц	3	
Встроенный фильтр нижних частот со спадом АЧХ не менее 30 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	Гц	200	
Объем внутренней памяти	кБайт	95,5	

Наименование	Размерность	АДМВ-01	АДМВ-02
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений виброускорения и виброскорости соответственно в диапазонах (0,5-50) м/с ² и (0,5-50) мм/с	<i>дБ</i>	0,5	
Длительность одного замера	<i>τ, с</i>	2 - 20	
Периодичность замеров	<i>t, с</i>	5 - 600	
Максимальное количество хранимых во внутренней памяти измеренных значений по каждой оси	-	16 320	
Время непрерывной работы	<i>мес.</i>	3	
Диапазон рабочих температур	⁰ С	-20 ... +60	
Влажность окружающего воздуха	%	50 ÷ 100	
Габаритные размеры	<i>мм</i>	80×105×62	
Масса	<i>г</i>	700	
Питание: – внутреннее от 2-литиевых батарей типа SL-360P; – внешнее питание (при передаче накопленных данных по GSM/GPRS каналам)	-	3,6В 2300мАч	
		-	9...15В, 500мА

АДМВ-01 и АДМВ-02 обеспечивают:

- измерение пиковых значений виброускорения или виброскорости по трём направлениям;
- накопление данных во внутренней памяти;
- сравнение измеряемых значений с заданными пределами и сигнализацию превышения;
- синхронизация встроенных часов реального времени по часам ПК;
- управление и считывание информации через порт USB.

Кроме того АДМВ-02 обеспечивает:

- передачу данных по GPRS каналу на заданный адрес электронной почты. Передачу уведомляющих и тревожных SMS-сообщений по GSM каналу;
- управление и считывание информации через порт USB и посредством SMS.

Одним из первых применений АДМВ-01 и АДМВ-02 был мониторинг зданий в зоне исторической застройки г. Риги при проведении буровых работ, погружении свай и строительных работ на примыкающем участке (рис.3 – АДМВ установлен а) на стене, б) на цоколе, в) на фундаменте). АДМВ-01 и АДМВ-02 были установлены в составе станций с терморегулированием и электрическим питанием. В процессе монито-

ринга определялись и регистрировались уровни вибрации, сравнивались с заданным в соответствии с международными стандартами пределом и, в случае превышения, руководителю работ отправлялось сообщение, после чего он принимал решение о прекращении работ или изменении режимов работы оборудования. В результате, мониторинг вибрации позволил избежать опасных вибрационных и ударных воздействий на контролируемые объекты.

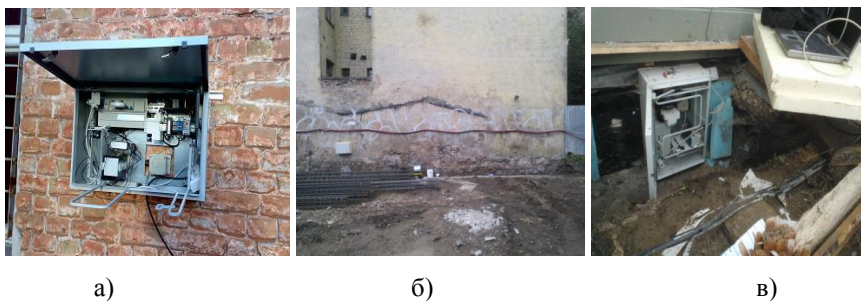


Рис. 3

По техническому заданию Института архитектурно-строительного проектирования, геотехники и реконструкции (Россия, г.Санкт-Петербург) [4], разработаны АДМВ-06 (рис. 4) и АДМВ-07 (рис. 5), предназначенные для обследования и мониторинга строительных конструкций, зданий и сооружений по ГОСТ Р 53778-2010, ГОСТ Р 54859-2011 [5, 6]. Основные технические характеристики представлены в табл. 2 и 3, соответственно.



Рис. 4



Рис. 5

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 2

Наименование	Размерность	АДМВ-06
Одновременное измерение вибрации по осям	-	X, Y, Z
Рабочий диапазон частот	Гц	0,1 – 200
Амплитудный диапазон	м/с ²	0,0005-15
Основная относительная погрешность, не более	дБ	1,5
Встроенный фильтр верхних частот со спадом амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) не менее 40 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	Гц	0,1
Встроенный фильтр нижних частот со спадом АЧХ не менее 120 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	Гц	200
Нелинейность АЧХ в полосе частот измерения, не более	дБ	1
Максимальное время непрерывной регистрации данных	ч	68
Объем внутренней памяти	МБайт	1024
Время непрерывной работы без подзарядки	дней	14
Максимальное количество хранимых во внутренней памяти измеренных значений по каждой оси (отсчетов)	-	1,2·10 ⁸
Рабочий диапазон температур	°С	-20...+60
Влажность окружающего воздуха	%	50...100
Общие габаритные размеры	мм	173x122x138
Масса не более	Кг	2,6
Питание: от встроенной аккумуляторной батареи Li-ion	-	7,2В; 5400 мА·ч

Таблица 3

Наименование	Размерность	АДМВ-07
Одновременное измерение вибрации по осям	-	X, Y, Z
Диапазон амплитуды измерения пикового значения виброускорения	м/с ²	0,007 - 7
Диапазон измерения среднеквадратичного значения (СКЗ) виброускорения	м/с ²	0,005-5
Диапазон измерения пикового значения виброскорости	мм/с	0,07-70
Диапазон измерения СКЗ виброскорости	мм/с	0,05-50
Рабочий диапазон частот в режиме измерения виброускорения с затуханием на границах не более 1 дБ	Гц	1 - 150
Рабочий диапазон частот в режиме измерения виброскорости с затуханием на границах не более 3 дБ и 1 дБ соответственно	Гц	2 - 150
Встроенный фильтр верхних частот со спадом амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) не менее 80 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	Гц	1

Наименование	Размерность	АДМВ-07
Встроенный фильтр верхних частот (ФВЧ) со спадом амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) не менее 80 дБ/декаду и затуханием не более 3 дБ	<i>Гц</i>	2
Встроенный фильтр нижних частот со спадом АЧХ не менее 80 дБ/декаду и затуханием не более 1 дБ	<i>Гц</i>	150
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений виброускорения и виброскорости	<i>дБ</i>	1,5
Суммарная нелинейность АЧХ в полосе частот измерения не более	<i>дБ</i>	1
Длительность одного замера	<i>с</i>	1 - 255
Максимальное количество хранимых во внутренней памяти измеренных значений по каждой оси	-	10 ⁸
Время непрерывной работы от встроенного аккумулятора без передачи данных по E-mail	<i>ч</i>	48
Время непрерывной работы от встроенного аккумулятора с передачей данных по E-mail 1 раз в 10 мин	<i>ч</i>	> 12
Диапазон рабочих температур: при работе от встроенного аккумулятора при работе от внешнего питания	<i>°C</i>	0...+40 -20...+60
Габаритные размеры	<i>мм</i>	125x110x82
Масса	<i>г</i>	700
Питание: – от внутреннего источника постоянного тока; – внешнее питание (при передаче накопленных данных по GSM/GPRS каналу)	-	7,2В/2800мАч 12В/1А

АДМВ-06 обеспечивает:

- автономное измерение и записи сигнала виброускорения по трём направлениям;
- синхронизацию встроенных часов реального времени по часам ПК;
- задание длительности времени измерения;
- управление и считывание информации через порт USB.

АДМВ-07 обеспечивает:

- автономное измерение и накопление пиковых и/или среднеквадратических параметров вибрации (виброускорения или виброскорости);
- пробуждение прибора и начало записи по уровню вибрации или в заданное время;
- синхронизация встроенных часов реального времени по часам ПК;
- прекращение записи при вибрации ниже уровня покоя в течение заданного времени;

- передача уведомляющих и тревожных SMS-сообщений по GSM-каналу;
- передача накопленных данных на заданный адрес электронной почты по GPRS-каналу;
- управление через порт USB и посредством SMS.

Примеры применения АДМВ-06 приведены в технических заключениях [7-10].

При обследовании перекрытия под тронным залом Большого Павловского дворца по адресу: г.Санкт-Петербург, г.Павловск, ул. Садовая, д.20. (рис. 7) было произведено три расстановки четырёх АДМВ-06. Определены динамические параметры деревянного перекрытия:

- декременты затухания;
- СКЗ виброускорения;
- собственные частоты колебаний.

Заключение:

Признаки существенных дефектов отсутствуют.

Несущие конструкции находятся в работоспособном состоянии.

Для ликвидации зыбкости перекрытия рекомендовано повысить его жесткость.

При мониторинге окружающей застройки (магистрального коллектора) при строительстве 11-этажного здания по адресу: г.Санкт-Петербург, Красногвардейский район, Малоохтинский пр., д. 45 (рис. 8).



Рис. 7



Рис. 8

Произведена одна расстановка четырёх АДМВ-06 на 11-м этаже. Контролировались динамические спектры отклика колебаний обделки коллектора.

Заключение:

За четыре месяца строительства существенных изменений в структуре грунта и отделки коллектора не произошло.

При обследовании двух зданий 1815 года постройки по адресу: г.Санкт-Петербург, ул. Фурштатская, д.14 (рис. 9), д.16 (рис. 10).



Рис. 9

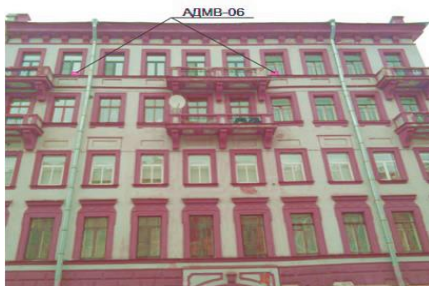


Рис. 10

Расстановка АДМВ-06 произведена на несущих стенах и на лестничных клетках на уровне пятого, третьего и первого этажей.

По методике МЧС регистрировались сигналы от удара груза 30 кг на верхних этажах. Определены динамические параметры зданий:

- частоты колебаний основного тона по трём координатам;
- формы мод колебаний;
- декременты затухания.

Составлены паспорта по ГОСТ Р 53778-2010.

Заключение:

Здания неаварийные и находятся в ограниченно работоспособном состоянии.

При обследовании трёх флигелей здания 1798 года постройки по адресу: г. Санкт-Петербург, В.О., Иностранный переулок, д.2 (рис. 11-13).

По флигелю 1 (2-этажное здание) АДМВ-06 устанавливались в подвале, на 1-м и на 2-м этажах, у трещины 5 см длиной несколько метров и вдали от неё.

По флигелю 2 (3-этажное здание) АДМВ-06 устанавливались в подвале, на 1-м, 2-м и 3-м этажах.



Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13

По флигелю 3 (3-этажное здание) АДМВ-06 устанавливались на 3-м этаже у трещины 2-3 см длиной 2 м.

Регистрировались сигналы возбуждаемые микросейсмами.

Сравнивались частоты основного тона с аналогичными типами зданий.

Определялись значения передаточной функции.

Заключение:

Флигель №1 – в предаварийном состоянии.

Флигель №2 – находится в ограниченно работоспособном состоянии.

Флигель №3 – имеет локальный аварийный участок, примыкающий к строительной площадке нового здания с подземными этажами.

Необходимо усиление фундамента и проведение постоянного мониторинга в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53778-2010 и СНИП 2.02.01-83.

Динамический мониторинг технического состояния исторических, уникальных и ответственных зданий и сооружений начинает играть всё более важную роль в обеспечении их безопасной и эффективной эксплуатации. В безопасной и эффективной эксплуатации заинтересованы эксплуатирующие строительные и страховые организации.

Приведенные примеры применения АДМВ будут полезны широкому кругу специалистов, связанных с контролем технического состояния и оформлением паспортов зданий и сооружений.

Библиографический список

1. Каталог фирмы ООО «ГлобалТест» // Электронный ресурс: www.globaltest.ru
2. Электронный ресурс: www.ddcentrs.lv
3. ISO 4866:2010. Вибрации стационарных сооружений. Руководство по измерению вибрации и оценки их влияния на сооружения.

4. Электронный ресурс: www.geores.spb.ru
5. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования технического состояния.
6. ГОСТ Р 54859-2011. Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний.
7. Шашкин А.Г., Улицкий В.М., Татаркин С.А. Техническое заключение по обследованию геофизическими методами перекрытия под Тронным залом Большого Павловского дворца, расположенного по адресу: г.Санкт-Петербург, г.Павловск, ул. Садовая, д.20. – СПб.: ООО «ИСП Геореконструкция». 2013.
8. Шашкин А.Г., Улицкий В.М., Татаркин С.А. Техническое заключение геотехнического мониторинга окружающей застройки (магистрального коллектора) при строительстве 11-этажного здания по адресу: г.Санкт-Петербург, Красногвардейский район, Малоохтинский пр., д.45., лит. А. – СПб.: ООО «ИСП Геореконструкция», 2014.
9. Шашкин А.Г., Улицкий В.М., Татаркин С.А. Техническое заключение обследования двух зданий 1815 года постройки по адресу: г.Санкт-Петербург, ул. Фурштатская, д.14, д.16. – СПб.: ООО «ИСП Геореконструкция», 2013.
10. Шашкин А.Г., Улицкий В.М., Татаркин С.А. Техническое заключение обследования трёх флигелей здания 1798 г. постройки по адресу: г.Санкт-Петербург, В.О., Иностранный переулок, д.2. – СПб.: ООО «ИСП Геореконструкция», 2014.

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

В августе 2012 года исполняется 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 деятель-

* *Акимов В.А., Прошляков М.Ю. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), ООО НПО «ДИАР», г.Москва*

ность 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 г. №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 решением 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, проводимая с 2009 года. 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.

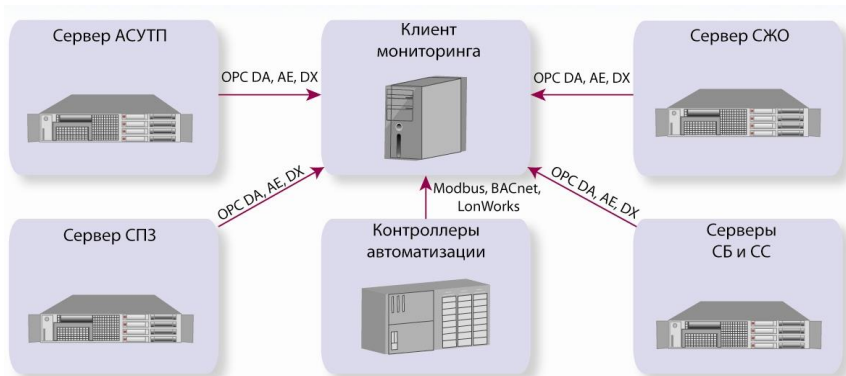


Рис. 2. Клиент мониторинга

«АРМ мониторинга» - автоматизированное рабочее место Диспетчера СМИС на объекте (рис.3). 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 «Инцидент» - отображаются на желтом фоне, со статусом «Авария» - на красном фоне, сообщения о снятии с контроля сообщений со статусом «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;

Предотвращение аварий зданий и сооружений

- 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.

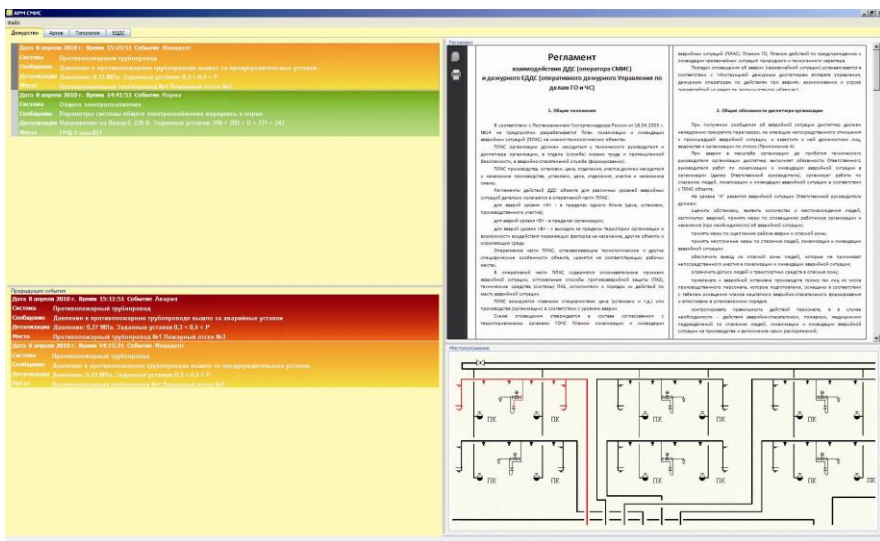


Рис. 3. АРМ Мониторинга

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 требований 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».

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).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

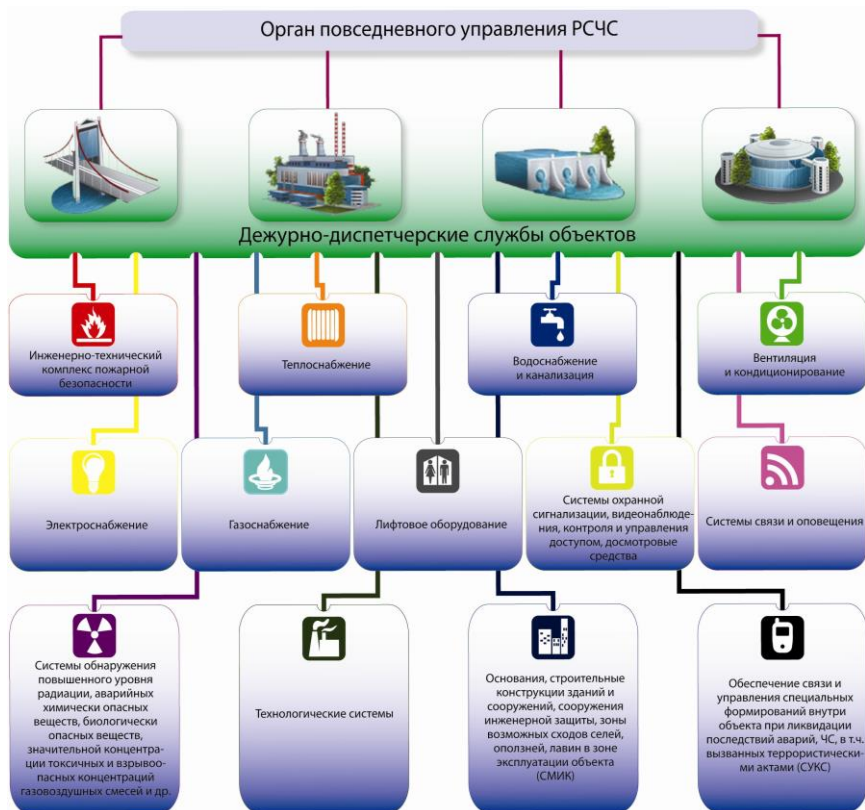


Рис. 4. Автоматизированная система мониторинга строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения особо опасных, технически сложных и уникальных объектов

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 уровня), 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 потоков 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» (рис.5) в номинации «За лучшее комплексное решение в области мониторинга техносферы».



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

Программный комплекс **СМИК** (ПК СММК) состоит из 3-х 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 место диспетчера Системы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (АРМ СММК).

Сервер СММК 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 также 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 также 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.

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.

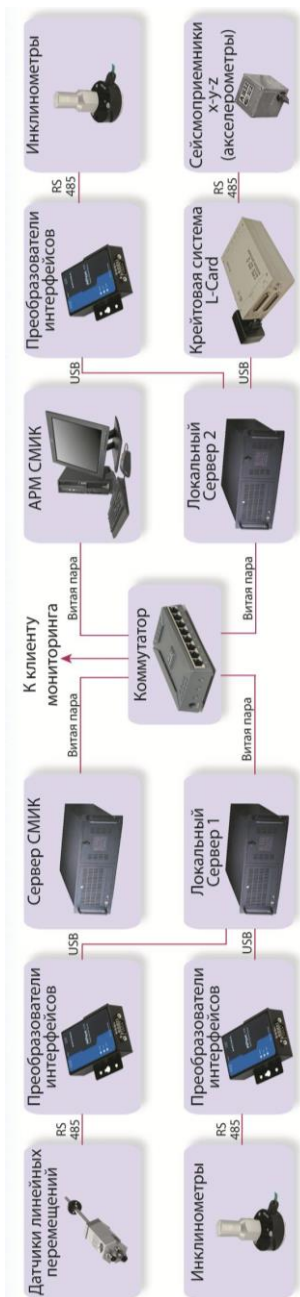


Рис. 6. Программный комплекс СМИК

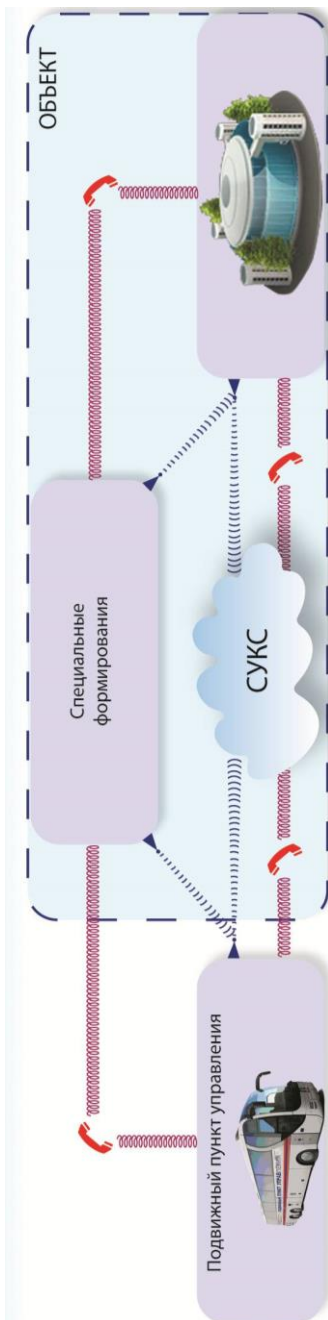


Рис. 7. Блок СУКС

В режиме штатной эксплуатации объекта, а также при ЧС, осуществляются постоянный мониторинг состояния подсистемы СУКС и передача информации об инцидентах (предаварийных 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 других профильными ведомствами.

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ*

В настоящей работе вместо широко используемого термина «система мониторинга технического состояния строительного объекта» (СМ-ТССО) часто и вполне сознательно будет использоваться другой термин, а именно «система мониторинга параметров строительного объекта» (СМ-ПСО), который, на наш взгляд, в большей степени соответствует существу дела. Следует пояснить, в чем, на наш взгляд, заключается принципиальное различие этих терминов.

Содержание термина «система мониторинга технического состояния строительного объекта» понимается различными специалистами по-разному, причем это понимание противоречит подчас нормативному определению. Последнее не удивительно, поскольку данное в нормативных документах определение никак нельзя назвать удовлетворительным [1].

Рассмотрим понятие «система мониторинга технического состояния строительного объекта» более подробно и попытаемся ответить на некоторые часто возникающие вопросы:

1. Что подразумевается под техническим состоянием строительного объекта, и знание каких параметров необходимо для оценки технического состояния?

Ответ на этот вопрос, содержащийся в ГОСТ Р 53778-2010 [2], концептуально непоследователен и не дает достаточной практической основы для построения систем мониторинга технического состояния строительных объектов. Техническое состояние строительного объекта трактуется в самом широком смысле как соответствие всех нормируемых параметров объекта его проектным параметрам. Однако, даже поверхностное рассмотрение показывает, что на практике такое соответствие в полном объеме установить крайне сложно, и в подавляющем большинстве случаев экономически неприемлемо. Действительно, достаточно вспомнить, что в число нормируемых проектом параметров входят, не только заданное проектом НДС сооружения и его допустимые вариации при различных нагрузках, но также и геометрические, а также многие другие параметры многочисленных строительных конструкций, составляющих строительный объект. Совершенно очевидно, что контролировать соответствие всех этих параметров проектным решениям технически невозможно, да и не нужно. Но невозможность такого рода контроля означает, в свою очередь, невозможность определения технического состояния объекта в соответствии с требованиями нормативных документов.

* *Кухта А.В. НИиППП «ПуК» МГСУ, г.Москва*

2. Какие цели могут ставиться при разработке систем мониторинга?

Мониторинг технического состояния строительных объектов (СМ-ТССО) принято связывать с решением вопросов безопасности строительства, реконструкции, эксплуатации и ликвидации строительных объектов. При построении подобных систем мониторинга основной задачей становится обнаружение на ранней стадии деструктивных процессов, развитие которых может привести к возникновению аварийной ситуации. По этой причине при разработке указанных систем планируется контроль ограниченного числа параметров объекта. Обоснование выбора той или иной совокупности контролируемых параметров является весьма сложной задачей, и ее рассмотрение выходит за рамки данного сообщения. Следует обратить внимание на то, что реальные системы мониторинга такого рода являются на деле системами мониторинга различных совокупностей параметров строительных объектов (СМ-ПСО).

Однако системы мониторинга позволяют решать, помимо задач обеспечения безопасности, более широкий круг задач. Так, в настоящее время большое распространение получили технологии возведения сооружений, основанные на наблюдении за поведением сооружения в процессе строительства и предусмотренной технологическим процессом коррекции определенных параметров сооружения на основе результатов таких наблюдений. В качестве примера такой технологии можно сослаться на подход, который применяется при строительстве некоторых высотных сооружений [3]. Этот подход состоит в том, что крены здания, возникающие в результате сознательно допускаемых неравномерных осадок фундамента, регистрируются соответствующими датчиками и компенсируются системой домкратов, установленных между нижней и верхней секциями фундаментной плиты. Для этой и других подобных технологий система мониторинга является важнейшей составляющей технологического процесса строительства, напрямую не связанной с обеспечением безопасности.

Еще одной перспективной сферой применения систем мониторинга является направление строительства, предусматривающее возведение «живых» объектов, технические характеристики которых принципиально являются регулируемыми. Такие объекты получают все большее распространение. В качестве примера относительно простого «живого» объекта можно привести главный монумента на Поклонной горе [4, 5]. Неотъемлемой составляющей конструктивного решения монумента являются устройства, демпфирующие его колебания и использующие в своей работе данные постоянно действующей системы мониторинга, которая по этой причине также является неотъемлемой частью его конструкции. Совершенно очевидно, что наличие этих устройств оказывается связанным с безопасностью сооружения. Однако, необходимость в этих устройствах

обусловлена в первую очередь эстетическими аспектами восприятия монумента, художественным замыслом архитектора, и они не были бы необходимы при выборе других архитектурных и инженерных решений. Более того, многие типовые технические решения могут быть пересмотрены, если в состав проекта исходно включены соответствующие системы мониторинга.

Важно отметить, что во всех рассмотренных выше ситуациях речь идет о системах мониторинга тех или иных параметров строительного объекта.

3. Какие параметры строительного объекта подлежат контролю с использованием систем мониторинга?

Любой, даже относительно простой строительный объект характеризуется чрезвычайно большим числом параметров. Как указывалось выше, выбор совокупности контролируемых параметров определяется той задачей, которую решает система мониторинга.

При всем многообразии параметров существует признак, по которому они могут быть разделены на две важные группы: это нормируемые параметры и ненормируемые параметры. К нормируемым следует отнести те параметры, значения и/или диапазон допустимых значений которых определены проектной документацией, а также действующими нормативными документами. Прочие параметры относятся к ненормируемым параметрам строительных объектов. Ярким примером нормируемых параметров являются геометрические параметры зданий, сооружений и других строительных объектов, которые весьма подробно нормированы проектом. Можно назвать и многие другие нормируемые параметры.

В качестве примера ненормируемых параметров строительных объектов можно назвать целый ряд параметров колебаний зданий и сооружений, такие как распределение амплитуд и фаз колебаний и т.д. Принадлежность какого-либо параметра к группе ненормируемых параметров никак не связано с его важностью в решении конкретной задачи мониторинга. Можно привести примеры, когда именно регистрация и анализ амплитудных и фазовых характеристик колебаний сооружения позволяли выявлять и контролировать чрезвычайно опасные дефекты конструкции, не обнаруженные другими способами.

Для решения тех или иных задач мониторинга должен производиться обоснованный выбор требуемого числа параметров, причем среди этих параметров могут быть и не нормированные проектом и другими документами параметры.

С учетом сказанного выше сформулируем некоторые положения:

1. Существующая нормативная база делает нежелательным использование термина «система мониторинга технического состояния строительного объекта», поскольку ни одна система с таким названием не может

- быть на практике выполнена в соответствии с требованиями действующей нормативной базы.
2. Предлагается использовать термин «система мониторинга параметров строительного объекта», указывая при этом совокупность контролируемых параметров и обосновывая их выбор с учетом задач, поставленных перед системой мониторинга.
 3. Системы мониторинга параметров строительных объектов не следует связывать исключительно с вопросами безопасности, поскольку такие системы призваны решать и решают широкий круг задач, не ограниченный задачами обеспечения безопасности строительных объектов.
 4. Деление параметров на нормируемые и ненормируемые имеет главным образом формально-юридическое значение. При разработке систем мониторинга следует обращать внимание не только на принадлежность параметра к той или другой группе, но и на то, насколько эффективно контроль данного параметра позволяет решать задачи, поставленные перед системой мониторинга.
 5. Существующая нормативная база строительного мониторинга содержит многочисленные неопределенности и противоречия и требует тщательной ревизии и корректировки.

Библиографический список

1. Кухта А.В., Четверик Н.П. Парадоксы нормативно-правовой базы мониторинга технического состояния зданий и сооружений. В публикации.
2. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
3. Катценбах Р., Шмитт А., Рамм Х. Основные принципы проектирования и мониторинга высотных зданий Франкфурта-на-Майне. Случаи из практики // Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2005. №9.
4. Патрикеев А.В. Критерии сравнения данных динамического мониторинга и их использование в составе электронной экспертной системы // Промышленное и гражданское строительство. 2008. №5.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ GNSS-ИЗМЕРЕНИЙ
И КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ДЕФОРМАЦИЙ
ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ***

Методика комплексного мониторинга высотных сооружений предусматривает инструментальное определение частот собственных колебаний по различным формам, измерение временных рядов смещений характерных точек конструкции, вычисление линейных и крутильных деформаций и напряжений вдоль высотного профиля и превышение их критических значений. Для решения этих задач проектируется сеть измерительных точек, решается проблема обеспечения оптимальных условий приема спутниковых сигналов GPS+Глонасс (GNSS), выполняется мониторинг достаточной длительности, выполняются обработка и целевой анализ данных GNSS с построением динамических моделей реального поведения объекта при переменных ветровых воздействиях. Для измерений применяется комплекс аппаратуры Topcon GB-500/1000, Trimble-5700, гравиметр-сейсмометр CG5-Scientrex, портативная сейсмическая станция, портативная метеорологическая станция. GPS/Glonass измерения выполняются по методике короткобазисных измерений с частотой опроса 5-10 Гц (псевдо-RTK). Крепление антенн на объекте и на базисных станциях выполняется на жесткие короткие штыри, исключающие смещения-помехи. Одна или две базисные станции располагаются на расстоянии не более 1 км от объекта исследования. Обработка данных выполняется по программам Gamit, с применением универсальных, а также вспомогательных собственных утилит. Анализ результатов временных рядов смещений (рис. 1) и построение динамических моделей поведения объекта выполняется собственными авторскими средствами. Например, для проведения исследований на 100 метровой стальной дымовой трубе была развернута временная сеть из шести станций непрерывного GPS-мониторинга, три антенны были установлены на высотах 96, 75 и 50 м, одна станция – у основания трубы (1 м), две базисные станции – на соседних капитальных зданиях (рис. 2-9). Одним из оснований для постановки данных исследований было разрушение около 20% анкерных болтов крепления основания трубы. Все станции на трубе и одна базисная станция работали с частотой 5 Гц, станция у основания и одна базисная – с частотой 1 Гц. Был выполнен анализ качества приема спут-

* *Овчаренко А.И., Беликов В.Т., Узрюмов И.А., Баландин Д.В., Козлов Ю.Е., Хильманович В.М., Незнаева Е.Л., Комишилов В.И. Институт геофизики Уральского отделения РАН, Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, ООО НПК «Экотехнологии», г.Челябинск*

никовых сигналов и обзорности неба в местах установки антенн. На основе этого показано, что материалы позволяют надежно определять временные ряды смещений.

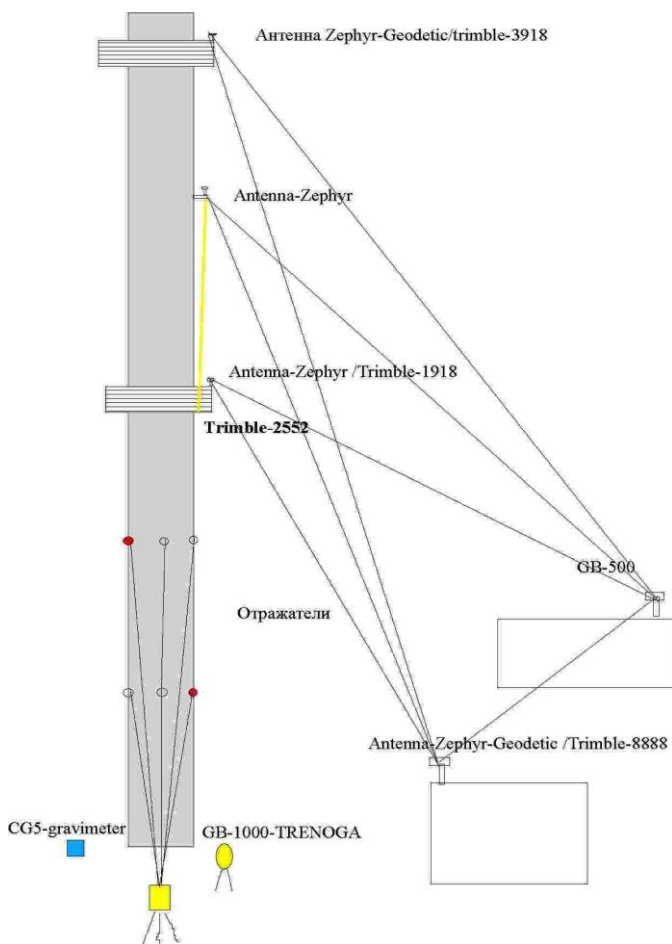


Рис. 1. Сеть комплексного мониторинга 100-метровой стальной трубы

Параллельно с GNSS-мониторингом выполнялись мониторинг метеорологических параметров, мониторинг основания с применением одного/двух гравиметров-сейсмометров, а также геодезический мониторинг нижней части трубы с помощью тахеометра-робота. В наиболее ветреные дни была выполнена кино-фотосъемка процесса колебаний и эксперименты по прямому измерению амплитуды колебаний с применением лазера,

установленного на промежуточной и верхней площадках трубы. Этими экспериментами доказано, что смещения, определяемые с применением GPS-измерений, соответствуют фактическим смещениям объекта. На основе инструментальных непрерывных наблюдений в течение семи суток установлены частоты собственных колебаний основания трубы, определены скорости смещений и амплитуды нормальных и экстремальных смещений точек на высотах 96, 75, 50, 35 и 15 м. На основе данных комплексного инструментального мониторинга вычислены соответствующие временные ряды смещений, скорости смещений, ускорений характеристических точек, а также временные ряды деформаций высотного профиля и действующих напряжений на крайних анкерных болтах основания. Рассмотрены способы прямой оценки упругих деформаций и напряжений высотной линейной конструкции по полученным кинематическим данным мониторинга смещений. Предложены модель расчета и методика оценки критических напряжений на элементах конструкции, в том числе анкерных болтах основания. Рассмотрены и проанализированы основные возможные механизмы разрушения анкерных болтов со сравнительной оценкой критических кинематических параметров. Сделан вывод, что наиболее вероятными механизмами разрушения анкерных болтов являются растягивающие усилия, возникающие при удлинении (наклонах дымовой трубы) и перекосе ребер жесткости из-за ее вращательного (крутильного) движения. Количественно оценены также сдвиговый (срезывающий) механизм разрушения болтов, связанный с вращательной компонентой колебательных движений. В процессе анализа наблюдательных временных рядов сделаны выводы о нескольких фактических случаях превышения критических напряжений на анкерных болтах в период мониторинга.

Полученные временные ряды смещений точек наблюдательной сети позволяют создать ряд анимационных моделей фактических движений конструкции. Примеры анимационных динамических моделей демонстрируются в презентации.

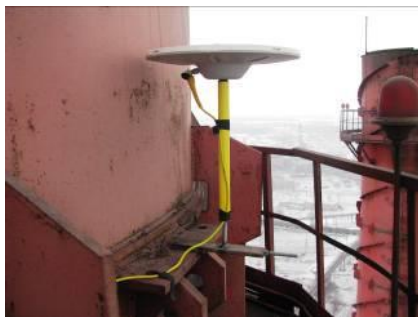


Рис. 2. Роверная станция Trimble-5700, частота регистрации 5 Гц



Рис. 3. Антенна Zephyr-Geodetic на высоте 96 м



Рис. 4. Роверная станция GPS Trimble-5700, частота регистрации 5 Гц

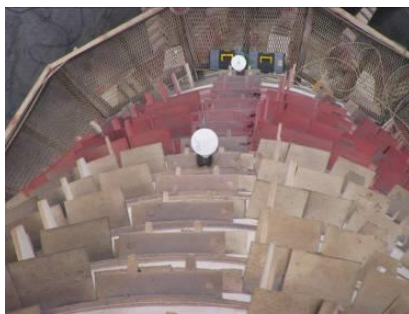


Рис. 5. Антенна Zephyr на высоте 75 м. Вид антенн с верхней площадки 96 м



Рис. 6. Роверная станция Trimble-5700. Инструментальные ящики



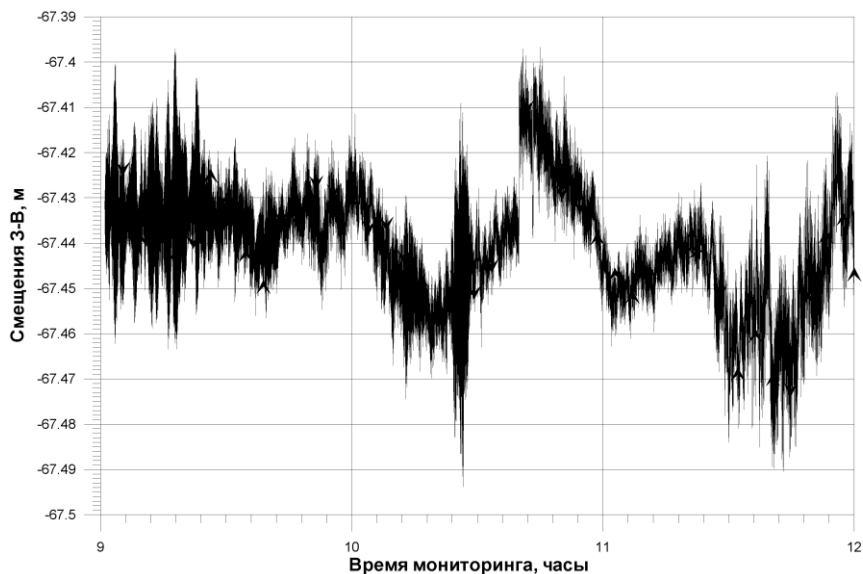
Рис. 7. Антенна Zephyr на высоте 50 м



Рис. 8. Базисная станция «GB-500» GNSS GB-500, частота регистрации 1 Гц

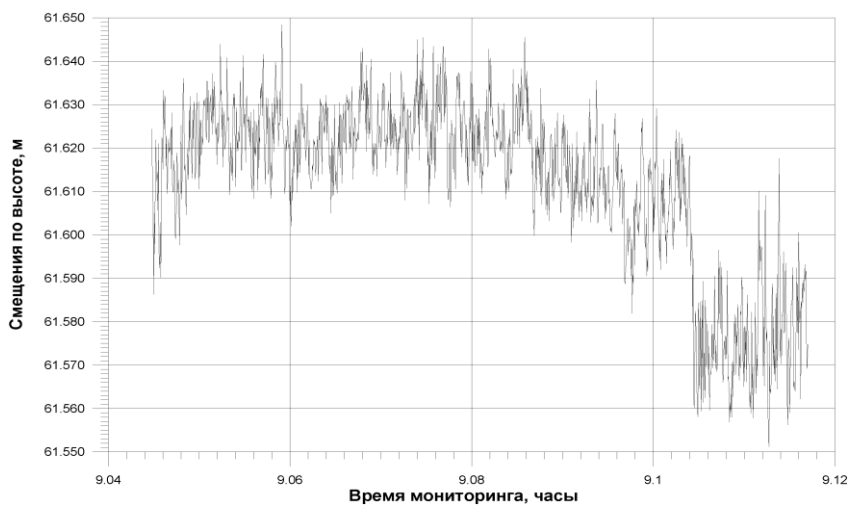


Рис. 9. Антенна Torcon CR G3. Полевой контроллер FS-200



GNSS-измерения колебаний 100-м дымовой трубы
дискретность измерений 0.2 сек, фрагмент мониторинга длительностью 3 часа

Рис. 10. Пример длительного временного ряда смещений З-В



GNSS-измерения колебаний 100-м дымовой трубы
дискретность измерений 0.2 сек, 5 минутный фрагмент мониторинга

Рис. 11. Изменение высоты конструкции в процессе колебаний

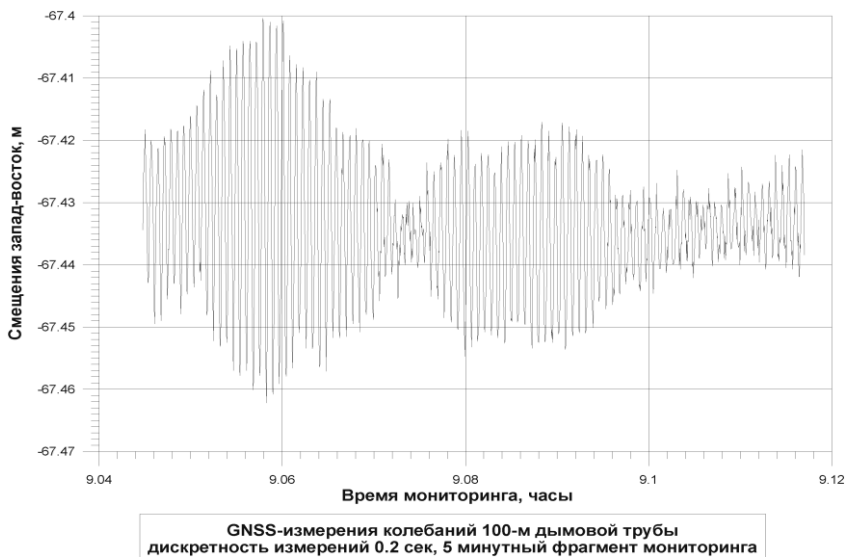


Рис. 12. Пример детального временного ряда смещений (антенна на высоте 75 м).
Колебания с частотой 0,4 Гц

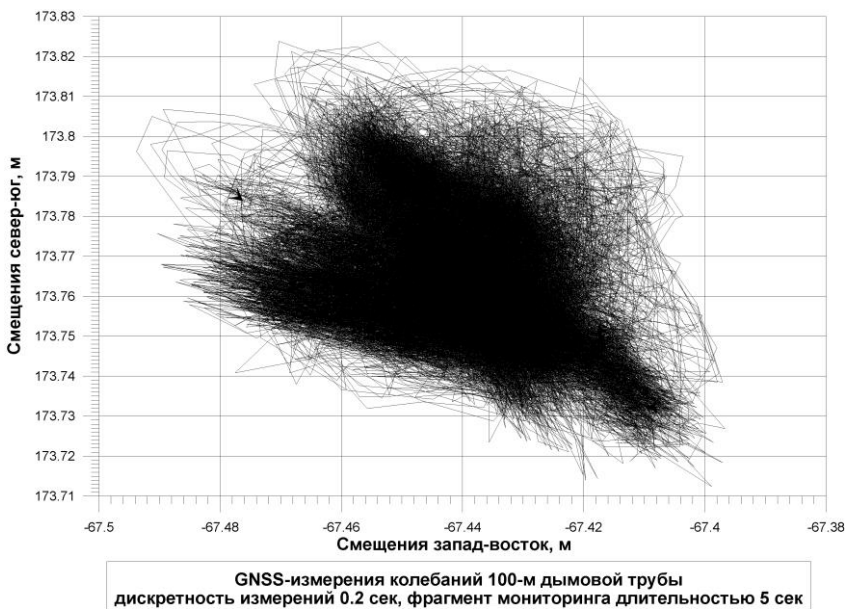


Рис. 13. Пример типичного роя горизонтальных смещений
для антенны на высоте 75 м

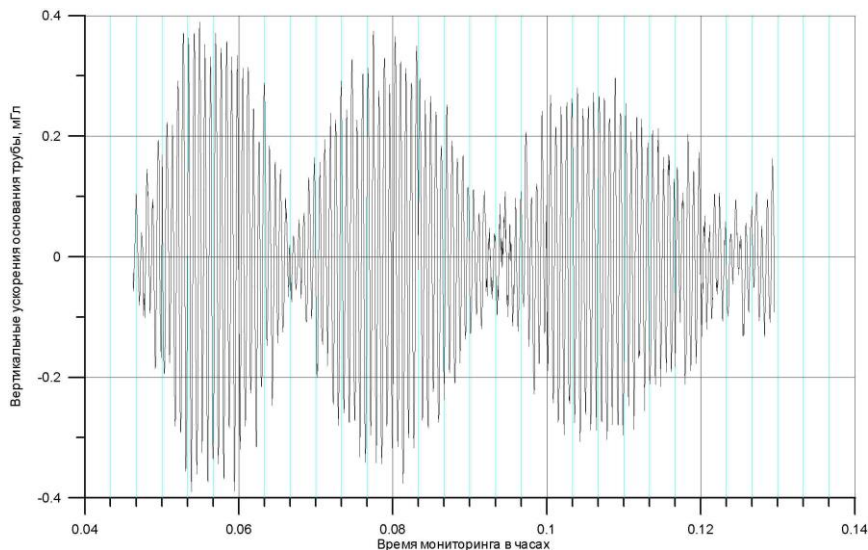


Рис. 14. Измеренные CG5-Autograv вертикальные ускорения основания трубы дают частоту собственных колебаний 0,4 Гц, совпадающую с данными GNSS

Выводы

1) Доказана техническая возможность качественного приема и обработки спутниковых сигналов на сложных стальных сооружениях башенного типа.

2) Методы мониторинга на основе GNSS-приемников являются наиболее точными и оптимальными технологически (всепогодными, практически любой длительности, обеспечивающими синхронность мониторинга отдельных точек).

3) Известные геодезические оптические, сейсмические, тензометрические, метеорологические и др. виды мониторинга могут дополнять GNSS-мониторинг и повышать надежность, а также достоверность оценки состояния высотных сооружений.

Библиографический список

1. GAMIT/GLOBK Manual. T.A. Herring, R.W. King, S.C. McClusky. Massachusetts institute of technology. 2006, 182 p.

2. Topcon Positioning systems/GB-1000/ Руководство пользователя. Спутниковый GPS/Glonass приемник // Part Number 31-050402-01. 2004 TOPCON POSITIONING SYSTEMS, Inc. (перевод ЗАО ПРИН), 2004.
3. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. -М.: ОАО«ЦПП», 2008. 44с.
4. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. – М.: Стройиздат, 1984. 359с.
5. Корнев В.Г., Максимов Л.С., Сысоев В.И. Экспериментальные исследования колебаний Останкинской башни. Строительная механика и расчет сооружений. 1974, 2. С.36-40.
6. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. -М.: ИЛ, 1954. 648 с.

Раздел III.

ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС, АНАЛИЗ РИСКОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

АВАРИИ И ПРОИСШЕСТВИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ - ДОКОЛЬ?*

Вечно интересный вопрос российской действительности: «Кто виноват и что делать?» опять остро возник в связи с авариями и происшествиями в 2012 году.

Анализ аварий зданий и сооружений, произошедших в последнее время, который провел Департамент мониторинга и взаимодействия с органами государственной власти Национального Объединения Строителей НОСТРОЙ (<http://www.nostroy.ru/sitePage.do?name=accidents>; <http://www.nostroy.ru/sitePage.do?name=leftmenu0&id=31>), вызвал массу вопросов о причинах их происхождения. В этой связи возникает основной вопрос: «Являются ли эти случаи действительно случаями или это явление – системное, которое будет только нарастать?».

На самом деле, материалы, представленные на заседании, – это сведения из открытых источников, в т.ч. из сети Интернет. Та видимая часть айсберга, которую не удалось скрыть от посторонних глаз в силу своей объемности, социальной составляющей да и моральной ответственности глав регионов, которые настоящую информацию не закрыли. Но существует и другая, значительно более весомая часть из общего числа аварий и происшествий, которая была скрыта от общественности.

Но вернемся к конкретике. Представленный анализ аварийности и травматизма в строительстве по годам наблюдения (за 5 месяцев 2010 года, 2011 год и 10 месяцев 2012 года) позволяет сделать абсолютно неутешительные выводы.

Приводим ниже таблицы по категориям. Вглядитесь внимательно в эти данные, вчитайтесь в эти цифры! Шок!

Аварийность и травматизм в строительстве за последние 2 года увеличились в 2 раза (табл. 1)!

* Четверик Н.П. НИУ ВШЭ ГАСИС, г.Москва

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 1

Сравнительный анализ аварийности и травматизма
в строительстве по годам наблюдения

Период		Аварийность			Травматизм			Примечание
		Всего	Происшествий	Аварий	Всего	Погибло	Травмировано	
2010 год (за 5 мес.)	всего	96	40	56	127	56	71	
	ежемесячно	19,2	8	11,2	25	11	14	
2011 год	всего	187	103	84	264	135	129	
	ежемесячно	15,6	8,6	7,0	22	11	11	
	в % к 2010	81%	107%	63%	87%	100%	76%	
2012 год (за 10 мес.)	всего	257	130	127	325	169	156	
	ежемесячно	30	14	16	45	22	23	
	в % к 2011	193%	163%	229%	205%	196%	214%	Ув. в 2 раза

Увеличение этого критерия в 2012 году по отношению к 2011 году – в 7,2 раза (табл. 2)!

Вглядитесь в диаграмму на рис. 1. За весь прошлый год 54 пострадавших, а на 10 месяцев этого года уже 89 человек!

Нужно ответить на главный вопрос: «Аварии, происшествия и травматизм на строительных объектах – случайность или система?», одно очевидно – так работать нельзя!

НОСТРОЙ на своем профессиональном сайте постоянно отслеживает и анализирует ситуацию с авариями и происшествиями, осуществляя повсеместный мониторинг настоящей темы, скрывать эту информацию никто не собирается! Но очевидно, что этого, увы, мало! Необходимо, чтобы все строительные организации на местах обратили самое серьезное внимание на ситуацию с охраной труда и техникой безопасности.

Необходимо консолидировать усилия всего строительного сообщества по решению этой проблемы!

Таблица 2

Сравнительный анализ аварийности
и травматизма к аналогичному периоду прошлого года

Период		Аварийность			Травматизм			Примечание
		Всего	Происшествий	Аварий	Всего	Погибло	Травмировано	
2011 год	сентябрь	7	3	4	14	4	10	
2012 год	сентябрь	60	34	26	78	44	34	
В % 2012 г. к 2011 г.		857%	1133%	650%	557%	1100%	340%	Ув.>7,2 раза

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Но давайте вернемся к авариям и обрушениям.

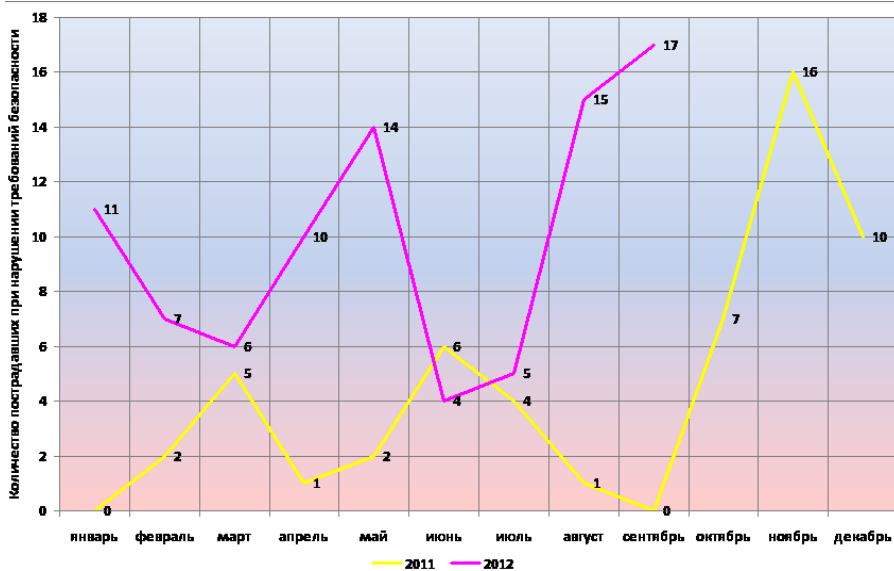
Всего за 2011 год произошло аварий и происшествий: 187 (аварий – 84, происшествий – 103).

За 9 месяцев 2012 года родилось 257 аварий и происшествий (аварий – 127, происшествий – 130)!

Пострадало в 2011 году: 264 человек (погибло – 135 человек, пострадало – 129 человек).

Пострадало за 9 месяцев 2012 года 325 человек (погибло – 169 человек, пострадало – 156 человек)!

Более чем значительный рост!



Сравнительная таблица числа пострадавших при нарушении требований безопасности на строительных объектах

Период	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	ИТОГО
2011	0	2	5	1	2	6	4	1	0	7	16	10	54
2012	11	7	6	10	14	4	5	15	17				89

Рис. 1. Сравнительный анализ числа пострадавших при нарушении требований безопасности на строительных объектах в 2011-2012 гг.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Критерии, взятые за основу анализа по авариям в 2011 году:

- обрушение ограждений – 3;
- обрушение строительных конструкций – 37;
- пожары – 17;
- аварии с кранами – 26;
- обвал грунта – 16;
- несчастные случаи на производстве – 17;
- нарушения техники безопасности – 47;
- обрушение строительных лесов – 13;
- обрушение кровли – 8;
- взрыв оборудования – 2;
- другие – 1.

Критерии, взятые за основу настоящего анализа по авариям в 2012 году:

- обрушение ограждений – 1;
- обрушение строительных конструкций – 40;
- пожары на строительных площадках – 16;
- аварии с механизмами, в т.ч. с подъемно-транспортным оборудованием – 19;
- обвал грунта – 9;
- несчастные случаи на производстве – 4;
- нарушения техники безопасности – 25;
- обрушение строительных лесов – 6;
- обрушение кровли – 1.

Если мы возьмем сравнительный анализ аварийности и травматизма по годам наблюдения Департамента мониторинга и взаимодействия с органами государственной власти НОСТРОЙ с 2010 по 2012 гг., то цифры будут еще более внушительные:

а) аварии:

- **аварий за 5 месяцев 2010 года – 56;**
- аварий за 2011 год – 84;
- **аварий за 9 месяцев 2012 года – аж 127!**

б) происшествия:

- **происшествий за 5 месяцев 2010 года – 40;**
- происшествий за 2011 год – 193;
- **происшествий за 9 месяцев 2012 года – 130!**

в) погибло:

- **за 5 месяцев 2010 года – 56 человек;**
- за 2011 год – 135 человек;
- **за 9 месяцев 2012 года – аж 169 человек!**

г) травмировано:

- **за 5 месяцев 2010 года – 71 человек;**
- за 2011 год – 129 человек;
- **за 9 месяцев 2012 года – 156 человек!**

Какие же выводы можно сделать на основе этих цифр?

Видно невооруженным глазом, что всему строительному сообществу объявлена война со стороны невидимого врага (аварийности, разрушений, разгильдяйству, безалаберности и т.д.).

Каждый человек имеет право на жизнь. В американской Декларации независимости, принятой в конце XVIII века, эта идея выражена следующим образом: «Все люди созданы равными и обладают некоторыми неотъемлемыми правами, врученными им Создателем, среди которых есть право на жизнь...». Конституция Российской Федерации содержит указанные положения без существенных текстуальных изменений (ст. 20, 37) [1].

Не берусь навешивать ярлыки – кто виноват. Этим должны заниматься специальные органы. Давно уже пора создать строительную полицию, как в Федеративной Германии.

Что делать? Твердо уверен, что необходимо усилить государственный строительный надзор, пока мы не дождалась очередной резонансной аварии типа аварии Басманного рынка или обрушения Трансвальной-парка с громадными человеческими жертвами. Пора прекратить навязывать обществу тему перевода государственного строительного надзора в формат независимого строительного контроля. Необходимо усилить и ту, и другую функцию. Но государственную функцию государственного строительного надзора [6] не заменить негосударственной функцией независимого строительного контроля [2, 7, 9-11]! Это мое личное мнение, которое может быть отличным от других. В который и в который раз повторяю: саморегулируемым организациям (далее – СРО) [3-5] в ближайшее время необходимо реализовать ряд мер, направленных на повышение управляемости строительного комплекса и его эффективности в целом.

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации [2] одной из основных целей введения института саморегулирования в строительстве является предупреждение причинения вреда жизни или здоровью физических или юридических лиц вследствие недостатков работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства и выполняются членами СРО.

Во-первых, в целях улучшения контроля качества строительства и строительных материалов необходимо предусмотреть создание системы независимого строительного контроля, проводимого структурами СРО на базе мониторинга технического состояния зданий и сооружений.

В рамках строительного контроля независимые специализированные организации, имеющие допуск на рынок от СРО, должны взять на себя проведение всего комплекса мероприятий по строительному контролю.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 3

Анализ аварий и происшествий на объектах строительства в 2012 году
(по состоянию на 1 октября 2012 г.)

Статистические показатели		Всего в 2011 г.	В среднем за месяц 2011 года	Статистика по месяцам												Итого за 2012 год	В среднем за месяц 2012 года	В % к средним. показателям прошлого года
				январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь			
аварий	в 2012 г.			16	8	11	16	14	9	8	19	26	0		127	12,63	180%	
	в 2011 г.	84	7,00	5	6	12	4	4	10	6	9	4	9	5	10			
	в % к 2011 г.			320%	133%	92%	400%	350%	90%	133%	211%	650%	0%	0%	0%			
происшествий	В 2012 г.			14	4	7	18	14	10	13	16	34	0		130	12,00	140%	
	в 2011 г.	103	8,58	5	3	10	4	6	13	7	11	3	7	19	15			
	в % к 2011 г.			280%	133%	70%	450%	233%	77%	186%	145%	1133%	0%	0%	0%			
Итого в 2012 году				30	12	18	34	28	19	21	35	60	0	0	0	257	24,63	158%
Всего в 2011 году		187	15,58	10	9	22	8	10	23	13	20	7	16	24	25			
В % к аналогич. периоду				300%	133%	82%	425%	280%	83%	162%	175%	857%	0%	0%	0%			
Виды аварий и происшествий	Обруш. ограждений	3	0,25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		1	0,13	50%	
	Обруш. констр.	37	3,08	9	3	3	6	5	7	7	8	11	0		59	6,00	195%	
	Пожар	17	1,42	3	1	3	5	2	0	0	3	5	0		22	2,13	150%	
	Аварии с кранами	26	2,17	5	1	4	7	4	4	6	4	8	0		43	4,38	202%	
	Обвал грунта	16	1,33	2	0	1	3	1	1	1	2	8	0		19	1,38	103%	

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 3

Статистические показатели		Всего в 2011 г.	В среднем за месяц 2011 года	Статистика по месяцам												Итого за 2012 год	В среднем за месяц 2012 года	В % к средним мес. показателям прошлого года
				январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь			
Виды аварий и происшествий	Несчастные случаи	17	1,42	0	1	1	2	1	0	0	0	2	0		7	0,63	44%	
	Нарушения ТБ	47	3,92	6	5	6	10	13	4	5	12	16	0		77	7,63	195%	
	Обруш. стр-х лесов	13	1,08	4	1	0	0	2	0	0	1	3	0		11	1,00	92%	
	Обрушения кровли	8	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		1	0,00	0%	
	Взрыв оборуд.	2	0,17	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0		6	0,38	225%	
	Другие	1	0,08	0	0	0	0	0	0	3	1	4	3	0	11	1,00	1200%	
Итого		187	15,58	30	12	18	34	28	19	21	35	60	0	0	257	24,63	158%	
Пострадало	Погибло	в 2012 г.		22	5	7	21	18	15	14	23	44	0		169	15,63	139%	
		в 2011 г.	135	11,25	6	3	15	5	6	15	9	12	4	8	28	24		
		в % к 2011 г.			367%	167%	47%	420%	300%	100%	156%	192%	1100%	0%	0%	0%	125%	
	Грав-мировало	в 2012 г.			23	7	23	18	16	12	11	12	34	0		156	15,25	142%
		в 2011 г.	129	10,75	7	3	12	3	5	10	4	27	10	13	16	19		
		в % к 2011 г.			329%	233%	192%	600%	320%	120%	275%	44%	340%	0%	0%	0%	121%	
Итого		264	22	45	12	30	39	34	27	25	35	78	0	0	325	31	140%	

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 4

Статистика аварий, происшествий и травматизма
на объектах строительства в 2012 году
(по состоянию на 1 октября 2012 года)

Показатели		Аварий и происшествий			Пострадало		
		Всего	Аварий	Происшествий	Всего	Погибло	Травмировано
Виды работ	Обрушение ограждений	1	1	0	2	0	2
	Обрушение конструкций	59	40	19	76	30	46
	Пожары	22	16	6	13	9	4
	Аварии с механизмами	43	19	24	68	30	38
	Обвал грунта	19	9	10	15	12	3
	Несчастные случаи	7	4	3	7	3	4
	Нарушение ТБ	77	25	52	89	60	29
	Обрушение стр. лесов	11	6	5	18	7	11
	Обрушение кровли	1	1	0	0	0	0
	Взрыв ГБО	6	4	2	19	4	15
Другие	11	2	9	18	14	4	
Итого ЗА ПРОШЕДШИЙ ПЕРИОД 2012 года		257	127	130	325	169	156
ВСЕГО за 2011 год		187	84	103	264	135	129

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 5

Сравнительный анализ аварийности и травматизма
к аналогичному периоду прошлого года
(по состоянию на 1 октября 2012 года)

Период наблюдения	Аварийность									Травматизм								
	Всего			Происшествий			Аварий			Всего			Погибло			Травмировано		
	2011	2012	%	2011	2012	%	2011	2012	%	2011	2012	%	2011	2012	%	2011	2012	%
январь	10	30	300%	5	14	280%	5	16	320%	13	45	346%	6	22	367%	7	23	329%
февраль	9	12	133%	3	4	133%	6	8	133%	6	12	200%	3	5	167%	3	7	233%
март	22	18	82%	10	7	70%	12	11	92%	27	30	111%	15	7	47%	12	23	192%
апрель	8	34	425%	4	18	450%	4	16	400%	8	39	488%	5	21	420%	3	18	600%
май	10	28	280%	6	14	233%	4	14	350%	11	34	309%	6	18	300%	5	16	320%
июнь	23	19	83%	13	10	77%	10	9	90%	25	27	108%	15	15	100%	10	12	120%
июль	13	21	162%	7	13	186%	6	8	133%	13	25	192%	9	14	156%	4	11	275%
август	20	35	175%	11	16	145%	9	19	211%	39	35	90%	12	23	192%	27	12	44%
сентябрь	7	60	857%	3	34	1133%	4	26	650%	14	78	557%	4	44	1100%	10	34	340%
октябрь	16	0		7	0		9	0		21	0		8	0		13	0	
ноябрь	24	0		19	0		5	0		44	0		28	0		16	0	
декабрь	25	0		15	0		10	0		43	0		24	0		19	0	
за год	187	257		103	130		84	127		264	325		135	169		129	156	

Используя успешный опыт развитых стран (например, в Германии основной организацией, работающей в данной сфере с 1872 года является TÜV Rheinland Group), необходимо создать независимую систему строительного контроля, существующую на основе принципов сохранения положительной репутации и страхования ответственности.

Задача государства – отрегулировать процесс взаимодействия всех участников рынка услуг в сфере строительного производства, установив при этом баланс интересов потребителей и исполнителей данного вида услуг. Необходимы соответствующие нормативно-правовые документы, а также действенный механизм контроля за их соблюдением, необходимо повысить ответственность субъектов саморегулирования, усилить их заинтересованность в конечных результатах своей деятельности, создать механизмы выявления недобросовестных, неквалифицированных строительных компаний и удаления их с рынка строительных услуг.

И в этой части (раз в сотый, наверное, повторяю!) необходим подзаконный акт по строительному контролю – Свод Правил «Строительный Контроль» (далее – СП «СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ»!)

НОСТРОЙ необходимо в максимально короткие сроки разработать и принять стандарт «СТО НОСТРОЙ «Строительный контроль» (далее – СТО НОСТРОЙ «СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ»! С такой инициативой уже выступило ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» - за подписью Генерального директора которого В.С. Котельникова, профессора, доктора технических наук, академика, несколько раз Лауреата Премий Российской Федерации (кстати, экс-начальника Управления государственного строительного надзора Ростехнадзора!) направлено письмо в НОСТРОЙ на имя уважаемого Героя Социалистического труда, Президента НОСТРОЙ Е.В. Басина с рекомендацией об участии в разработке серии такого рода стандартов!

Мы должны подготовить их не на основе Приказа Минрегиона [8], а на основе многоуровневой интегрированной процедуры, включающей в себя: строительный контроль застройщика (заказчика) либо строительный контроль, привлекаемый застройщиком или заказчиком на основании договора юридического лица или индивидуального предпринимателя на основе договора; лабораторный контроль, геодезический контроль, производственный контроль, авторский надзор в составе строительного контроля, контроль по вопросам инженерных изысканий. И все эти функции должны быть прописаны очень емко и актуально. В рамках такого/таких документов необходимо прописать входной и операционный контроль строительных материалов, изделий и конструкций; мониторинг технического состояния зданий и сооружений, строительную экспертизу и строительные риски; применение современных информационных технологий в строительном контроле, как основные разделы настоящего документа. Одним из разделов, конечно же, должен быть по-

рядок проведения строительного контроля при осуществлении конкретных видов работ, в том числе на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах.

Всем заинтересованным коллегам рекомендую ознакомиться с Методическим пособием «Безопасность строительства и осуществление строительного контроля» [11], которое вышло в ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» и которое может послужить теорией для разработки СП и СТО НОСТРОЙ «СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ».

Строительный контроль и проведение в его рамках мониторинга технического состояния зданий и сооружений должны стать той самой китайской стеной, что выстроится на пути аварийности и разрушениям, безалаберности и разгильдяйству на строительных и эксплуатационных объектах. Нам объявлена война со всеми вытекающими обстоятельствами и угрозами. И действовать в настоящей ситуации необходимо четко и смело – по законам военного времени!

Библиографический список

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 г.).
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 года №190-ФЗ.
3. Федеральный закон от 1 декабря 2007 года №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях».
4. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №148-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Федеральный закон от 27 июля 2010 года №240-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 февраля 2006 года №54 «О государственном строительном надзоре».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 года №468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».
8. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 года №624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства».

9. Строительный контроль: Сборник документов / В.С. Котельников, Н.П. Четверик, Р.А. Андриевский. – М.: ОАО «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. – 228 с.
10. Строительный контроль: Сборник документов / В.С. Котельников, М.А. Луняков, Н.П. Четверик, Р.А. Андриевский, А.А. Ананьев, Д.О. Корольков. – М.: ОАО «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2010. – 235 с.
11. Безопасность строительства и осуществление строительного контроля: Методическое пособие / В.В. Котельников, Н.П. Четверик, Р.А. Андриевский, А.А. Ананьев. – М.: ОАО «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2012. – 256 с.

ЧТО ТАКОЕ НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ*

В настоящее время в Российской Федерации идет процесс гармонизации законодательства с нормами международного права. Российская Федерация подписала ряд международных конвенций и соглашений, в соответствии с которыми обязана уменьшить как имеющееся, так и потенциальное негативное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду, что может быть достигнуто при внедрении наилучших доступных технологий (НДТ) [2].

Основополагающим документом, регулирующим комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды и, соответственно, применение НДТ в странах ЕС, является Директива Европейского парламента и Совета ЕС 2008/1/ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control) [3].

В Российской Федерации термин НДТ, как правило, подразумевает создание банков данных о технологиях; в европейских странах действуют справочники ЕС по НДТ для различных отраслей промышленности, учитывающие все технологические переделы и аппаратурное оснащение процессов с учетом экологических воздействий и экономических затрат, документы в других отраслях промышленности [4-9].

Современные технологии промышленной безопасности на основе новой редакции 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] постоянно развиваются, на их основе появля-

* *Четверик Н.П. НИУ ВШЭ ГАСИС, г.Москва*

ются новые технологии комплексной безопасности, в т.ч. инновационные технологии промышленной безопасности (ИТПБ).

Критерии инновационности таких технологий необходимо разработать как можно быстрее с учетом накопленного опыта НОСТРОЙ, они должны быть определены в Методических рекомендациях по оценке эффективности инновационной технологии промышленной безопасности.

Но есть и такие технологии, которые на протяжении многих лет зарекомендовали себя, как наилучшие доступные в области промышленной безопасности. Для того, чтобы определить наилучшие доступные технологии промышленной безопасности (НДТПБ), необходимы соответствующие критерии.

Методические рекомендации по инноватике в области промышленной безопасности (Методические рекомендации по оценке эффективности инновационных технологий промышленной безопасности; Методические рекомендации по организации и ведению реестра базы данных инновационных и наилучших доступных технологий в области промышленной безопасности; Методические рекомендации по рассмотрению инновационных и наилучших доступных технологий в области промышленной безопасности) позволят информационно и технически облегчить задачу внедрения ИТПБ и НДТПБ саморегулируемыми организациями в области архитектурно-строительного проектирования, а также строительным компаниями, работающими в строительстве опасных производственных объектов, другими хозяйствующими субъектами в отдельных отраслях промышленности.

На мой взгляд, критериями определения НДТПБ являются:

- критерии экологичности и энергоэффективности;
- производственные критерии;
- научно-технические критерии;
- финансово-экономические критерии;
- другие критерии.

К числу критериев в области экологичности и энергоэффективности, в частности, относятся:

- использование малоотходной технологии в составе НДТПБ;
- использование веществ в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды;
- возможность регенерации и рециклинга веществ, используемых в НДТПБ;
- предыдущее использование в составе НДТПБ сопоставимых процессов, установок, методов управления;
- природа, характер воздействия и удельные значения масс выбросов и сбросов, связанных с НДТПБ;
- срок ввода в эксплуатацию объекта, построенного по НДТПБ;

- сроки внедрения НДТПБ;
- потребление и характер сырья, используемого в НДТПБ;
- отсутствие общего негативного воздействия выбросов-сбросов в окружающую среду и связанные с этим риски;
- отсутствие вероятности аварий и связанные с этим риски;
- отсутствие степени опасного воздействия на окружающую среду района, сохранность существующих зданий, сооружений и коммуникаций, проявляющегося в ходе основных технологических процессов в период строительства в виде шума, вибрации, выбросов вредных веществ, понижения уровня грунтовых вод, барражного эффекта, загрязнения грунтовых вод, карстовых и оползневых явлений;
- наличие расчетов на прочность и устойчивость временных ограждающих несущих конструкций и обделок, расчет постоянных конструкций на различные комбинации нагрузок при монтаже;
- оценку применяемых технологических процессов при строительстве подземного сооружения с указанием основных мер по обеспечению безопасности и возможных аварийных ситуаций с мерами по их ликвидации;
- наличие перечня мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в процессе производства строительно-монтажных работ;
- наличие основных положений по энергобезопасности (бесперебойное обеспечение электроэнергией, сжатым воздухом, связью), описание и разработку мер по предупреждению электротравматизма и используемых для этого технических средств.

Производственные критерии:

- технологические преимущества НДТПБ перед другими подобными проектами;
- наличие технологического оборудования для реализации НДТПБ;
- соответствие НДТПБ имеющимся производственным мощностям (поддержание максимально высокого уровня использования имеющихся в наличии производственных мощностей);
- наличие необходимого производственного персонала (по численности и квалификации);
- максимально низкая величина издержек производства, в т.ч. по сравнению с конкурентами при реализации НДТПБ.

К научно-техническим критериям относятся:

- повышение уровня научных знаний при подготовке и реализации НДТПБ;
- технический успех НДТПБ;
- патентная чистота НДТПБ;
- уникальность НДТПБ и продукции, на ее основе реализованной (отсутствие аналогов);

- наличие научно-технических ресурсов, необходимых для осуществления НДТПБ.

Финансово-экономические критерии:

- значительные успехи в ресурсоэнергосбережении при реализации НДТПБ (способы наилучшего использования движущей силы, способы наиболее полной переработки сырья, способы рационального использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), способы наилучшего функционально-структурного использования аппаратов и машин, способы обеспечения и повышения надежности производства, способ оптимальной компоновки производства и предприятий, методы логистики для уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат);
- экономия сырьевых материалов, воды, электроэнергии, трудовых ресурсов и др. показатели, которыми технология может оказать воздействие на экономические показатели процесса;
- существенная экономия средств за счет снижения энергозатрат;
- максимальный годовой размер прибыли;
- максимальная норма чистой прибыли;
- соответствие НДТПБ критериям экономической эффективности капиталовложений, принятым в организации;
- максимально короткое время окупаемости затрат на НДТПБ;
- отсутствие необходимости привлечения заемного капитала (кредитов) для финансирования НДТПД и его доли в инвестициях;
- отсутствие (минимальный характер) финансового риска, связанного с реализацией НДТПБ;
- стабильность поступления доходов от НДТПБ;
- максимально короткий период времени, через который начался выпуск продукции (услуг) при реализации НДТПБ, быстрое возмещение капитальных затрат на нее;
- использования налогового законодательства (налоговых льгот) при реализации НДТПБ;
- фондотдача, т.е. отношение среднего годового валового дохода, полученного от НДТПБ, к капитальным затратам на НДТПБ.
- отсутствие убытков при реализации НДТПБ.

Основной задачей ведения Реестра ИТПБ и НДТПБ, как программного комплекса (ПК), является его создание, включающее в себя:

- совершенствование технологии сбора, обработки информации, предполагающее одноразовый ввод и многократное использование;
- предоставление пользователю наиболее полной информации по всем имеющимся объектам учета;
- повышение оперативности и качества информационного обслуживания.

ПК должен выполнять следующие функции:

- создание и ведение Реестра;
- осуществление доступа к записям Базе Данных с помощью современного интерфейса (стиль «Браузер – Интернет»);
- просмотр/редактирование информации об объектах учета;
- обеспечение оперативного поиска информации в Базе Данных;
- обеспечение отбора информации по заданным критериям.

Общие требования к ПК:

- полнота информации для формирования Реестра;
- достоверность информации;
- обеспечение надежности хранения информации;
- обеспечение селективности предоставляемой информации.

Задача должна обеспечивать выполнение следующих основных требований:

- необходимо отыскать такой способ подключения Базы Данных к браузеру пользователя, чтобы последние имели возможность просматривать имеющуюся информацию в ПК;
- необходимо создание такого интерфейса ПК, который будет простым для пользователя, а требования к оборудованию сети и сервера минимальны;
- пользователь должен иметь возможность поиска данных по коду проекта и отбора информации по заданным критериям;
- текст программы должен состоять из отдельных модулей, обеспечивать минимальные затраты при дальнейшем развитии системы и переносе её на другие серверные платформы.

Когда требования к системе определены, можно перейти к выбору технологии реализации. При разработке функциональной модели программного средства может быть использована инструментальная среда VpWin. Это CASE-средство опирается на стандарт IDEF0, который позволяет очень хорошо проследить весь функциональный механизм работы программы и при этом выявить как необходимые, так и лишние элементы и механизмы в системе. Это позволяет избежать ошибок на начальном этапе разработки системы, тем самым, избавляя от необходимости исправления ошибок в дальнейшем.

При разработке проекта может использоваться технология JSP, т.к. она обладает рядом преимуществ по сравнению с другими альтернативами CGI. По сравнению, например, с ASP, динамическая часть в JSP пишется на языке Java (в ASP – на VBScript), который является более мощным языком программирования для сложных приложений. В отличие от JavaScript, технология JSP позволяет создавать программы для работы в сети (серверные JSP-страницы).

Технология серверных страниц JSP предоставляет возможность смешивать обычные статические HTML-страницы с динамически генерируемым содержимым, полученным из сервлетов. Страница JSP позволяет создавать обе части – динамическую и статическую – раздельно. Это позволяет эффективно распределять задачи между разными людьми. В роли клиента выступает Web-браузер. Серверная часть приложения представлена страницами JSP.

Достоинства применения данных технологий заключаются в следующем:

- простой пользовательский интерфейс;
- нет необходимости устанавливать дополнительное программное обеспечение на стороне клиента;
- возможность применения приложения, как в локальных, так и в глобальных сетях Internet.

В качестве Web-сервера можно использовать Apache Tomcat 4.0. Apache Tomcat 4.0 является официальной справочной реализацией спецификаций Servlet 2.2 и JSP 1.1. Его можно использовать как небольшой автономный сервер для тестирования сервлетов и страниц JSP. Это объясняется следующими преимуществами Apache Tomcat 4.0:

- доступность дистрибутивов, их абсолютная бесплатность;
- поддержка многих операционных систем (Windows, Unix и др.);
- постоянное обновление;
- устойчивость при большой нагрузке;
- относительная простота установки.

Исходя из задач проекта, необходимо, чтобы ПК поддерживал технологию «клиент-сервер», предполагается, что проектируемая информационная система будет распределять функции между по меньшей мере клиентом и сервером, т.е. часть функций прикладной программы (приложение) будет выполняться на «клиенте», а другая часть на «сервере».

Для обеспечения возможности работы с ПК из любых других программных приложений, созданных средствами разработки других фирм используется свойство системы управления базами данных (СУБД), позволяющее ей служить в качестве поставщика данных для этих приложений. Целевой СУБД в проекте служит Sybase SQL Anywhere 5.0. Сам язык SQL – язык структурированных запросов – очень популярен при работе с реляционными ПК, со временем он превратился в основной язык ПК, имеющий средства для манипуляции данными (создание, модификация, удаление), для их определения данных (создания таблиц и столбцов), для обеспечения безопасности (ограничение доступа к элементам данных, определение пользователей и пользовательских групп), для управления данными (создание резервных копий, групповое копирование и групповая модификация) и, что самое главное, для обработки транзак-

ций. SQL используется с языками программирования и служит для взаимодействия с системами управления ПК.

Таким образом, данный проект включает в себя последние достижения в области компьютерных технологий. Их использование даёт возможность пользователю получать необходимые данные из ПК, расположенном на сервере максимально эффективно и быстро.

Использование предлагаемого программного продукта обеспечивает:

- простой пользовательский интерфейс;
- нет необходимости устанавливать дополнительное программное обеспечение на стороне клиента;
- возможность применения приложения, как в локальных, так и в глобальных сетях Internet;
- ограниченный доступ к системе (права пользователя – только просмотр данных; права администратора – просмотр и изменение (редактирование) данных);
- структуризацию данных по оптимальным критериям;
- просмотр и изменение Базы Данных (добавление новых объектов учета), удаление продуктов, редактирование данных по продуктам);
- поиск объектов учета по заданному значению, а именно по коду ИПД, НДТПД;
- выбор множества объектов учета по заданным критериям, а именно отбор ИПД и НДТПД осуществляется по заданным значениям критериев;
- возможность постоянного обновления базы данных объектов учета.

Наилучшими доступными, даже, скорее всего, инновационными (до разработки критериев в этой области) технологиями в области промышленной безопасности смело можно назвать технологии мониторинга технического состояния промышленных объектов и систему управления промышленной безопасности.

Нужно смело идти вперед, разрабатывая новые инновационные технологии и инновационные подходы к таким технологиям (в т.ч. методологию в области инноватики в области промышленной безопасности).

P.S. Проектное сообщество вплотную заинтересовалось нашими работами в области инноватики, в рамках комитета по совершенствованию тендерных процедур и инновационной деятельности НОП сейчас проходят согласительные процедуры. По такому же алгоритму необходимо действовать и всему сообществу в области промышленной безопасности.

Не забывайте прописную истину: «Если не будете кормить свою армию экспертов, скоро будете кормить чужую армию...».

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Директива Европейского парламента и Совета ЕС 96/61/ЕС от 24.09.1996 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control).
3. Директива Европейского парламента и Совета ЕС 2008/1/ЕС от 15.01.2008 г. «О комплексном предупреждении и контроле загрязнений» (Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control).
4. Отчеты Проекта ЕС «Гармонизация экологических стандартов II, Российская Федерация» (идентификационный номер Europe Aid/123157/C/SER/RU).
5. Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Методологии оценки наилучших доступных технологий в аспектах их комплексного воздействия на окружающую среду и экономической целесообразности их внедрения. Июль 2006 г.» («European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Economics and Cross-Media Effects. July 2006»).
6. Справочник ЕС по наилучшим доступным технологиям «Европейская комиссия. Комплексное предупреждение и контроль загрязнений. Справочное руководство по наилучшим доступным технологиям. Эффективное использование энергии. Февраль 2009 г.» («Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency» - Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2009).
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций в строительстве (проект) / Кол. авт. под общ. ред. Н.П. Четверика. – М.: НОСТРОЙ, 2013. – 51 с.
8. Методические рекомендации по организации и ведению реестра базы данных инновационных проектов в строительстве, наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов (проект) / Кол. авт. под общ. ред. Н.П. Четверика. – М.: НОСТРОЙ, 2013. – 49 с.
9. Методические рекомендации по рассмотрению инновационных проектов в строительстве (проект) / Кол. авт. под общ. ред. Н.П. Четверика. – М.: НОСТРОЙ, 2013. – 22 с.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

Введение

Научно-технический прогресс и связанные с ним грандиозные масштабы производственной деятельности человека привели к большим 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 окружающей 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 своевременные и надлежащие улавливание и удаление из помещений цехов и от сооружений агрессивных производственных отходов;

* *Гатауллин И.Н. г.Казань, Республика Татарстан*

- б) применение в конструкциях недостаточно стойких противокоррозионные материалов, а также использование противокоррозионных 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 усложняет 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. Целью 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, загазо-

ванности, 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 ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат» (г.Губкин) и ОАО «Нижнекамскнефтехим» (г.Нижнекамск). 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 корпус 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 трехстадийное 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 составляет 65-75%; температура воздуха в зимний период составляет 5-15°С, в летний период составляет 20-30°С; агрессивные газы по СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от

коррозии» относится 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 (интенсивный коррозионный износ). Техническая вода, содержащая твердые частицы пыли и железистого кварцита, а также растворенные коррозионно-активные примеси, постоянно или периодически увлажняя поверхность металла, вызывают 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% и растворимость ее 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 анализ. С целью изучения возможности применения модификаторов ржавчины для подготовки поверхности под окраску этими же методами исследованы 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 пленки, следовательно, защита карбонатной пленкой исключается. Таким образом, необходимо применение других ингибиторов, снижающих агрессивность воды в периоде 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 7-10 до 100 г/м³ в пересчете на P₂O₅, для силикатов – 0,04 до 0,4 г/м³.

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. Произведено 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 подкреплённых 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 режима, 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, вызывает коррозию арматуры и закладных деталей. Согласно СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» 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, местами повреждена гидроизоляция и другие незначительные дефекты; 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 износ 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, так же 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, неучет которого может привести к авариям и катастрофам.
2. Для определения объемов и сроков ремонтных работ необходимо регулярно проводить 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.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

Определение будущих значений интенсивности коррозионного износа металлических конструкций промышленных зданий и сооружений с целью предупреждения аварийного исхода является жизненно-актуальной задачей. Эта задача может быть успешно решена лишь при наличии достоверных математических моделей, характеризующих сложный коррозионный процесс. Прогнозирование развития коррозионного

* *Гатауллин И.Н. г.Казань, Республика Татарстан*

износа металлических конструкций осуществляется с определенным временем упреждением t_y , которое является суммой двух слагаемых:

$$t_y = t_H + t_{\mathcal{O}},$$

где t_H – время интерполяции – участок кривой, полученный экспериментальным путем; $t_{\mathcal{O}}$ – время экстраполяции – участок кривой, определенный методом прогнозирования.

Степень достоверности результатов прогноза зависит от соотношения времени $t_{\mathcal{O}}$ и t_H :

$$k_y = t_{\mathcal{O}}/t_H,$$

где k_y – коэффициент временного упреждения.

В основу алгоритма расчета коррозионного износа заложена модель коррозионного износа дробно-параболического вида [1]:

$$\delta(t) = \delta_{KV} \frac{t^2}{T_2^2 + T_1 t + t^2},$$

где t – время коррозионного износа;

T_1 – коэффициент затухания коррозионного износа;

T_2 – коэффициент инерции коррозии металла в данной среде;

δ_{KV} – установившееся значение глубины коррозии;

$\delta_{(t)}$ – функция глубины коррозионного износа металла по времени.

На основе экспериментальных исследований, полученных различными авторами в различных агрессивных условиях, производились сравнительные оценки расчетных и опытных данных по прогнозированию коррозионного износа. Прогнозирование коррозионного износа производилось по трем экспериментальным точкам, а остальные точки использовались для определения погрешности расчета. Относительные погрешности расчета определялись путем сопоставления вычисленных данных с фактическими данными (табл.1-3). А.А. Фархадовым выполнены экспериментальные исследования в условиях периодического смачивания металлических образцов морской водой [2]. Образцы установлены над поверхностью воды и смачивались лишь при волнении моря. Кривая «коррозия – время» получена за период испытания 1210 суток. Испытания проводились на Каспийском море, съем образцов производился четыре раза: через 8 месяцев, 1 год, 2 года, 3 года и 1 месяц. В табл.1 приведены результаты, полученные при прогнозировании по трем экспериментальным точкам. Время интерполяции $t_H = 2$ года. Расчетные данные развития коррозионного износа получены на 10 лет. В интервале экстраполяции при $t_{\mathcal{O}} = 3$ года и 1 месяц произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа δ_4^* . Относительная погрешность прогнозирования Δ_4 для первой кривой «коррозия-время» составляет 8,205%, для второй – 7,083%, а для третьей – 11,778%.

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам
(экспериментальные исследования выполнены в условиях
периодического смачивания металлических образцов
морской водой на Каспийском море)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии t , годы	глубина коррозии δ_K^* , мм	T_1 , годы	T_2 , годы	δ_{KV} , мм	глубина коррозии δ_K , мм	относительная погрешность Δ_i^* , %
1	0,652	0,205	4,967	-0,991	1,289	0,205	0
	1,000	0,259				0,259	0
	2,014	0,400				0,400	0
	3,315	0,583				0,535	8,205
	6,000					0,716	
	8,000					0,803	
	10,00					0,867	
2	0,652	0,235	9,813	-1,692	2,837	0,235	0
	1,000	0,311				0,311	0
	2,014	0,520				0,520	0
	3,315	0,696				0,745	-7,083
	6,000					1,096	
	8,000					1,289	
	10,00					1,444	
3	0,652	0,092	0,314	0,254	0,191	0,092	0
	1,000	0,112				0,122	0,001
	2,014	0,157				0,157	-0,001
	3,315	0,194				0,171	11,778
	6,000					0,181	
	8,000					0,183	
	10,00					0,185	

Н.П. Жук, А.Ф. Притула, В.А. Притула и Н.Д. Томашев получали экспериментальные данные в течение 10 лет [2]. Испытания проводились в атмосферных условиях, съем образцов производился семь раз: через 1, 2, 3, 4, 6, 8 и 10 лет. В табл.2 приведены результаты, полученные при прогнозировании по трем экспериментальным точкам. Время интерполяции $t_H = 3$ года. Расчетные данные развития коррозионного износа получены на 10 лет. В интервале экстраполяции ($3 \leq t_3 \leq 10$) произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа δ_i^* , где $i=4, 5, 6, 7$. Относительная погрешность прогнозирования Δ_7 для первой кривой «коррозия-время» составляет 6,681%, для второй – 5,813%, для третьей – 17,008%.

Таблица 2

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам
(экспериментальные исследования выполнены в атмосферных условиях)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии t , годы	глубина коррозии δ_K^* , мм	T_1 , годы	T_2 , годы	δ_{KV} , мм	глубина коррозии δ_K , мм	относительная погрешность Δ_i^* , %
1	1	0,96	3,563	-1,125	3,300	0,960	0
	2	1,32				1,320	0,001
	3	1,60				1,600	0
	4	1,76				1,813	-3,006
	6	2,00				2,112	-5,604
	8	2,20				2,311	-5,066
	10	2,30				2,454	-6,681
2	1	0,850	1,027	0,031	1,750	0,850	0
	2	1,150				1,150	-0,001
	3	1,300				1,300	0,001
	4	1,400				1,390	0,718
	6	1,490				1,493	-0,183
	8	1,495				1,550	-3,667
	10	1,499				1,586	-5,813
3	1	2,00	-0,150	0,815	3,330	2,000	0
	2	2,95				2,950	0,001
	3	3,20				3,200	0
	4	3,50				3,286	6,124
	6	3,85				3,338	13,305
	8	4,00				3,350	16,249
	10	4,04				3,353	17,008

В табл.3 приведены результаты, полученные при прогнозировании коррозионного износа стальных образцов по трем экспериментальным точкам. Экспериментальные данные получены институтом физической химии на атмосферных коррозионных станциях, расположенных в различных климатических зонах [2]. Испытания были проведены в течение 11 лет, съем образцов производился четыре раза: через 1 год и 3 месяца, 3 года и 2 месяца, 6 и 11 лет. Время интерполяции $t_H = 6$ лет. Расчетные данные развития коррозионного износа получены на 30 лет. В интервале экстраполяции ($6 \leq t_3 \leq 30$) при $t_3 = 11$ лет произведена сравнительная оценка расчетных данных прогноза с экспериментальными значениями глубины коррозионного износа δ_4^* . Относительная погрешность прогнозирования Δ_4 для первой кривой «коррозия-время» составляет 6,999%, для второй – 6,209%, для третьей – 8,054%.

Таблица 3

Результаты расчета развития коррозии стали по трем точкам
(экспериментальные исследования выполнены
на атмосферных коррозионных станциях)

Номер серии эксперимента	Экспериментальные данные		Расчетные данные				
	время коррозии t , годы	глубина коррозии δ_K^* , мм	T_1 , годы	T_2 , годы	$\delta_{кв}$, мм	глубина коррозии δ_K , мм	относительная погрешность Δ_i^* , %
1	1,250	0,076	0,232	1,284	0,153	0,076	0
	3,167	0,127				0,127	0,002
	6,000	0,142				0,142	-0,002
	11,000	0,159				0,148	6,999
	16,000					0,150	
	20,000					0,150	
	30,00					0,151	
2	1,250	0,027	3,371	1,350	0,123	0,027	0
	3,167	0,056				0,056	0,002
	6,000	0,077				0,077	0,001
	11,000	0,088				0,093	-6,209
	16,000					0,101	
	20,000					0,105	
	30,00					0,111	
3	1,250	0,034	2,975	-0,961	0,094	0,034	0
	3,167	0,051				0,051	0,001
	6,000	0,064				0,064	0
	11,000	0,081				0,074	8,054
	16,000					0,080	
	20,000					0,082	
	30,00					0,086	

Анализ полученных результатов расчета в зоне интерполяции показал, что аппроксимация трех экспериментальных точек с помощью дробно-параболической модели дает ничтожно малые погрешности ($\Delta_{max} = 0,004$). Участки экстраполяции, определенные по трем точкам, вполне удовлетворительные. Опытным путем на основе соответствующей обработки значительных массивов расчетных данных (полученных с помощью ЭВМ) нами определена зависимость средней погрешности прогнозирования Δ_{cp} от коэффициента временного упреждения k_y в виде уравнения параболы

$$\Delta_{cp}^2 = 33k_y.$$

Средняя погрешность предсказания развития коррозии достаточно низкая и не превышает $\Delta_{cp} = 10\%$, что является вполне удовлетворительным для практики результатом.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований, полученные различными авторами в различных агрессивных эксплуатационных средах, позволили показать адекватность разработанной методики прогнозирования коррозионного износа металлических конструкций.

Библиографический список

1. Гатауллин И.Н. Моделирование влияния агрессивных сред на эксплуатационные свойства металлоконструкций для автоматизированного проектирования их противокоррозионной защиты. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / МИИТ. – М., 1991. – 18 с.
2. Цикерман Л.Я. Диагностика коррозии трубопроводов с применением ЭВМ. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во «Недра», 1977, – 319 с.

ШТЫРЕВЫЕ НАВЕСНЫЕ ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ФАСАДЫ – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АДМИНИСТРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ*

В журнале «Наука и безопасность» от 01 октября 2014 г. [1] в статье «Навесные вентилируемые фасады со штыревым креплением облицовки» были рассмотрены особенности конструкций и эксплуатации таких сооружений. Приведены сравнительные данные различных конструкций навесных вентилируемых фасадов.

Учитывая интерес специалистов к данной тематике, в настоящей статье рассматриваются конкретные конструкции штыревых навесных вентилируемых фасадов (ШНВФ) для открытого и скрытого крепления облицовки и особенности их монтажа.

1. Конструктивное решение ШНВФ

Данный фасад является строительной системой крепления облицовочных плит навесного вентилируемого ограждения зданий (фото 1 и 2). В системе использован принцип вантовых конструкций, в которых вме-

* Безрук А.И. ООО «Сертуховской Двор», г. Москва

сто сложных металлоёмких силовых элементов используются анкерные стержни и тяги.

В качестве несущих в системе применяются анкерные стержни в виде штырей – винтов, которые одним концом закреплены в стене здания, а другим соединены с фиксирующими плиты элементами. При этом штыри вертикальных рядов соединяются с тягами таким образом, что они образуют вертикальные силовые конструкции, воспринимающие консольные нагрузки на анкеры.

С целью увеличения несущей способности и надёжности конструкция имеет регулировку натяга несущих фасад элементов. Для этого верхние свободные концы тяг крепятся к стене здания через кронштейны с натяжными устройствами.

В качестве тяг могут использоваться как цепные конструкции, состоящие из отдельных звеньев, так и тяги в виде металлических лент или специально оформленных проволочных конструкций. При этом длину тяги, соединяющей ряд анкеров, выбирают обычно кратной высоте этажа.

Такая система в отличие от аналогичных менее металлоёмка, имеет значительно ниже стоимость и трудоёмкость изготовления.

В разработанной конструкции используются стандартные метизные изделия, изготавливаемые массовым тиражом на станках-автоматах, что, в свою очередь, не только удешевляет и унифицирует конструкцию фасада, но и позволяет радикально решить проблему её коррозионной стойкости. Такие изделия могут применяться из нержавеющей стали без существенного удорожания фасада.

Используемые в конструкции фасада малогабаритные элементы с минимальными затратами могут быть подвергнуты горячему или термодиффузионному оцинкованию с толщиной покрытия более 100 мкм. При этом срок службы защищённых деталей может достигать 100 лет.

Применение в конструкции силовых тяг обеспечивает повышенную сейсмостойкость фасада, а небольшой вес фасада делает его использование весьма перспективным для районов с сыпучими и неплотными грунтами.



Фото 1



Фото 2

Крепление утеплителя к стене в этой системе осуществляется в основном на самих несущих анкерах с помощью прижимных шайб и фиксирующих храповых стопоров, выполненных в виде конических шайб с лапками, имеющими наклон к оси анкера в сторону его хвостовой части. Это обеспечивает одностороннее движение стопора по анкеру и прижим через шайбу утеплителя. Такая конструкция существенно снижает трудоёмкость монтажных работ.

Крепление облицовочных плит может осуществляться как открытым, так и закрытым способом.

Для фиксации облицовочных плит в фасадной системе применяются наконечники, соединённые резьбовыми муфтами со штырями-анкерами.

При открытом креплении облицовки в качестве наконечников используются стандартные болты с прямоугольной Т-образной головкой и прямоугольным подголовком, на которые надеваются запорные элементы, удерживающие облицовочные плиты. Запорные элементы выполнены в виде горизонтально расположенных П-образных прямоугольных скоб, на средней части которых имеются лапки, к которым прижимаются верхние и нижние облицовочные плиты своими задними поверхностями, и центральное прямоугольное отверстие под фиксирующий болт. Отогнутые под прямым углом части скобы охватывают с боковых сторон головку фиксирующего болта и имеют на конце уступы, фиксирующие плиты, прижатые к лапкам. Таким образом, облицовка удерживается на ребрах П-образных горизонтально расположенных запорных скоб, что позволяет уменьшить зазор между плитами фасада и сделать малозаметными элементы их крепления.

При закрытом креплении наконечники имеют на свободных концах запорные грибки, которые при повороте наконечника на 90° входят в пазы угловых кляммеров, закреплённых на торцах облицовочных плит, что обеспечивает их фиксацию в фасаде. Разнесения в пространстве сопряжения запорного грибка с плитой через угловой кляммер позволяет свести к минимуму ширину паза в плите и достигнуть требуемой её прочности за счёт оптимального соотношения ширины и длины паза. Такая конструкция позволяет при необходимости осуществлять быструю замену любой из фасадных плит без разборки соседней облицовки.

Рассматриваемые конструкции защищены патентами РФ №107535 и №2523907.

2. ШНВФ с открытым креплением облицовки

На рис.1 схематично изображён фрагмент вентилируемого фасада с открытой системой крепления облицовки в виде керамогранитных плит; на рис.2 дано соединение фиксирующего болта с запорным элемен-

том; на рис.3 представлен запорный элемент в виде скобы; на рис.4 изображена ленточная тяга, соединяющая вертикальные ряды штырей-анкеров с натяжным устройством; на рис.5 показана силовая сборка штыря-анкера с болтом, скобой и тягой.

Согласно рис.1 в стену здания 1 через дюбели 2 закрепляются штыри-анкеры 3, на которые надевается теплогидроизоляция 4. Теплогидроизоляция прижимается к стене 1 шайбами 5 и фиксируется храповыми стопорами 6. Свободный конец штыря-анкера, имеющий резьбу, с помощью муфты 7 соединяется с фиксирующим болтом 8 с плоской Т-образной головкой и прямоугольным подголовком.

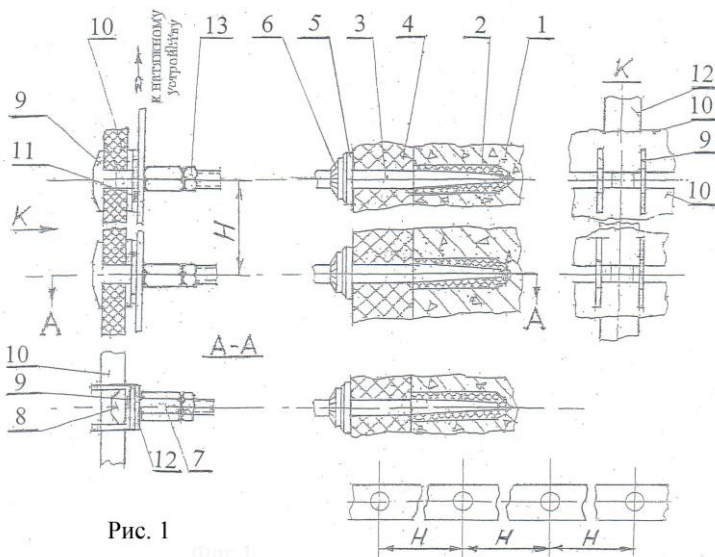


Рис. 1

Рис. 4

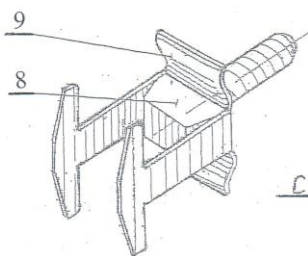


Рис. 2

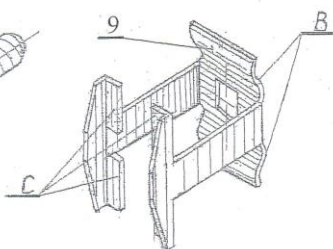


Рис. 3

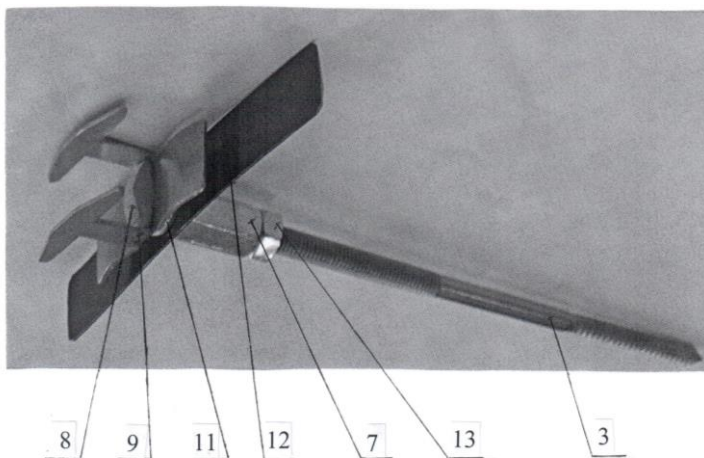


Рис. 5

Перед соединением штыря-анкера 4 с фиксирующим болтом 8 последний соединяется с запорной скобой 9, удерживающей облицовочные плиты 10. Средняя часть скобы 9 имеет квадратное отверстие под подголовок болта 8 и лапки с изгибами В для компенсации разнотолщинности плит. При соединении болта 8 со скобой 9 её отогнутые части охватывают с боковых сторон болт. На концах отогнутых частей скобы 9 имеются фиксирующие плиты уступы, которые могут быть выполнены с отгибами С для уменьшения контактных давлений на плиту со стороны уступов, в случаях, например, повышенных ветровых воздействий.

Соединение штыря-анкера 3 с болтом 8, собранным со скобой 9, выполняется после одевания на болт прижимной шайбы 11 и ленточной тяги 12, имеющей для этого отверстия, расположенные с шагом, равным вертикальному расстоянию между штырями-анкерами. За счёт вращения муфты 7 болт выставляется относительно стены здания 1. Затем на плоскость головки болта 8 и рёбра отогнутых частей скобы 9 устанавливаются плиты 10 и муфтой 7 через тягу 12 и шайбу 11 они поджимаются к уступам, после чего соединение контрится гайкой 13.

3. ШНВФ со скрытым креплением облицовки

На рис.6 схематично изображён фрагмент вентилируемого фасада с закрытым креплением облицовки с двумя вертикальными крепящими элементами; на рис.7 представлена та же система в разрезе; на рис.8 приведена конструкция наконечника с фиксирующим грибком; на рис.9 показано сопряжение наконечника с плитой через угловой кляммер.

На стене 1, в которую через дюбели 2 (возможно также химическое крепление) закрепляются штыри-анкеры 3 в виде винтов-шурупов. На анкерные стержни 3 одевается теплогидроизоляционная защита 4, которая через шайбы 5 закрепляется фиксирующими храповыми стопорами 6. На свободные концы анкерных стержней, имеющих резьбу, накручиваются контргайки 7 и муфты 8, в которые ввинчиваются наконечники 9 с надетыми на них тягами 10.

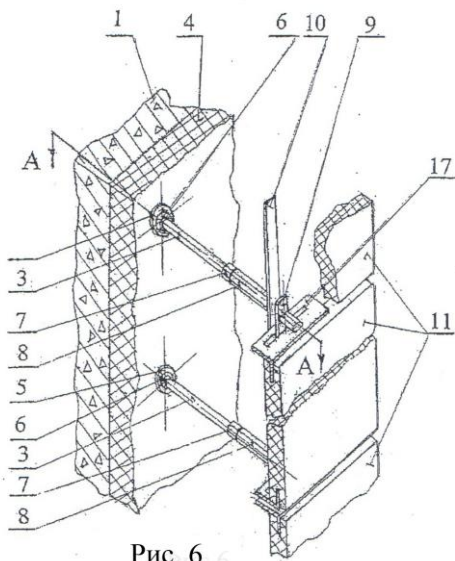


Рис. 6

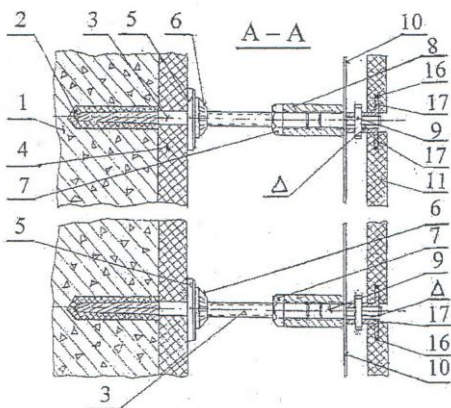


Рис. 7

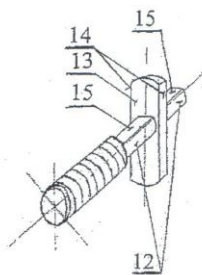


Рис. 8

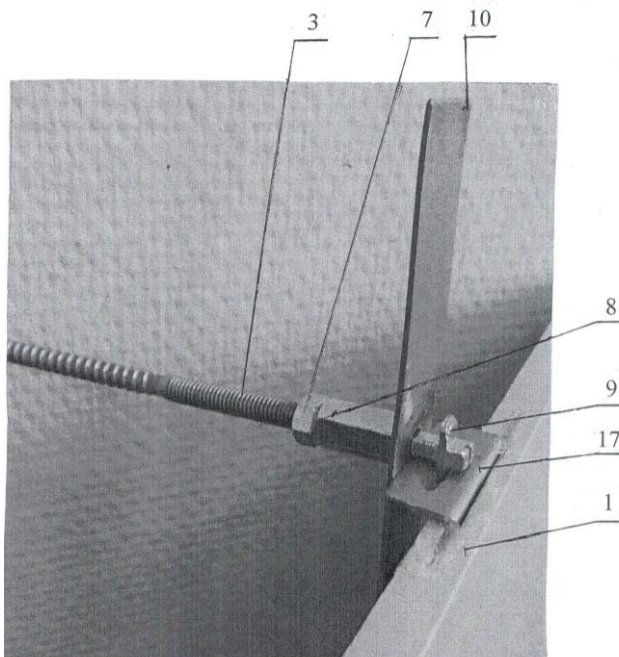


Рис. 9

С помощью муфт 8 обеспечивается регулировка положения закрепляемых облицовочных плит 11 относительно стены 1. Контргайками 7 фиксируется требуемое положение муфт 8 и, соответственно, плит 11.

Каждый наконечник, кроме винтовой, имеет хвостовую цилиндрическую поверхность 12, разделённую надвое запорным грибком 13 с фасками 14.

На цилиндрической поверхности до и после грибка имеются диаметрально расположенные лыски 15, развёрнутые вокруг оси наконечника на угол 90° относительно фасок грибка.

В торцах облицовочных плит имеются продольные пазы, в которые на компаунде 16 устанавливаются уголкового кляммеры 17 одной из своих полок. В другой полке кляммера имеется щелевой паз.

В исходном состоянии при установке плит наконечники развёрнуты таким образом, что фаски их грибков расположены параллельно плоскости полок кляммеров с пазами. При повороте наконечника 9 на 90° грибок 13 входит в щелевой паз кляммера, запирая плиту 1 в фасаде.

Поворот наконечника осуществляется специальным ключом, вставляемым через щель между плитами.

Установленные в фасад плиты контактируют поверхностями нижних кляммеров с верхними фасками цилиндрической части наконечника. Вместе с тем, между верхними кляммерами плит и нижними фасками цилиндрической части наконечника имеется зазор Δ , компенсирующий неточность изготовления плит, сборки элементов фасада и их температурные деформации.

Опора плиты на верхнюю лыску 15 наконечника обеспечивает отсутствие возможности его неконтролируемого поворота.

IV. Особенности монтажа ШНВФ

При монтаже фасада одной из основных задач является обеспечение требуемого взаимного расположения устанавливаемых штырей, их перпендикулярность к поверхности стены. Для решения этой задачи был разработан и изготовлен ряд приспособлений:

- кондуктор для сверления отверстий под дюбель в стене здания;
- перфоратор отверстий в ленточных тягах;
- устройство для изготовления пазов на торцах облицовочных плит (пат.№118249).

Требуемое качество монтажа облицовки обеспечивается за счёт:

- предварительного анализа геометрии, особенностей и структуры стен здания, подлежащих облицовке, и планирования по его результатам стратегии работ;
- выполнения пробной анкеровки облицовываемых стен и определения удерживающей способности штырей, путём замера усилий вырыва опытной партии штырей, усреднения показаний и расчёта рабочих усилий (при коэффициенте запаса $K_z = 0,14$);
- разметки стен с помощью лазерного нивелира;
- тщательной установки кондуктора, используя приборы контроля отклонения от вертикальности и плоскостности его базовых поверхностей, и сверления отверстий под дюбель;
- наличия компенсационных зазоров в сопряжениях элементов фасада;
- систематического контроля качества используемых комплектующих и выполняемых операций.

В процессе установки штырей из-за наличия включений в материале стены возможен некоторый уход ввёртываемого в дюбель штыря, как от требуемого расположения, так и от перпендикулярности.

Как показывает практика, эти отклонения, в общем, не велики и исправляются за счёт податливости консольной части штырей при связывании их тягами, имеющими определённое расстояние между отверстиями, в которые входят штыри.

При установке ШНВФ возможны случаи совпадения мест сверления с арматурой в стене или со скрытыми пустотами. В этих, достаточно

редких, случаях используются крепящиеся к стене переходные металлические планки, имеющие в соответствующих местах резьбовые отверстия под несущие штыри, выполняемые при этом в виде резьбовых шпилек.

При облицовке наружных углов зданий возникает необходимость сверления отверстий под штыри на расстояниях от края, меньших 100мм. В таких случаях также используются переходные планки, либо применяется химическая анкеровка.

Разработанные конструкции ШНВФ прошли успешные силовые испытания в Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко и были рекомендованы для использования при облицовке зданий различной этажности.

С применением ШНВФ было облицовано несколько малоэтажных зданий в Москве и восьмизэтажное здание в ближайшем Подмосковье.

Библиографический список

1. Безрук А.И. Навесные вентилируемые фасады со штыревым креплением облицовки: [Электронный документ] // Наука и безопасность. – Вып.3(12), 2014. (<http://pamag.ru/images/nomer12.pdf>)

ПОРАЖАЮЩИЕ ФАКТОРЫ АВАРИЙНОГО ПАДЕНИЯ САМОЛЕТА, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ИНФРАСТРУКТУРУ ТЕРРИТОРИЙ*

Вероятность катастрофических последствий падения самолетов на порядки выше посещения Земли космических тел [1, 2]. По имеющимся данным [3], на миллион (N) полетов кампании «Аэрофлот» приходится $n = 18,62$ катастроф. Из доклада 2006 г кампании общее число рейсов за год составило $N_G = 247$ тысяч. Время выполнения миллиона рейсов $T_r = N/N_G = 4,05$ года. Технический аварийный риск полета самолетами кампании «Аэрофлот» равен $n/(N \cdot T_r) = 18,62/(10^6 \cdot 4,05) = 4,6 \cdot 10^{-6}$ ед./рейс-год. По статистике реальный индивидуальный риск гибели в авиакатастрофе (2006-г.) на самолетах российских компаний составляет $8,6 \cdot 10^{-5}$, на самолетах зарубежных компаний (Европа и США) – $0,65 \cdot 10^{-5}$. Прогнозирование возможных последствий авиакатастроф является актуальной задачей.

* *Котляревский В.А. Научно-образовательный центр исследования экстремальных ситуаций Московского государственного технического университета им.Н.Э. Баумана*

С аварийным падением самолета при ударе о землю и разливе топлива из разрушенных баков возможно возгорание разлива и пожар, возникновение детонации или дефлаграционного взрыва испарившегося облака, а также огненного шара. Удар самолета о земную поверхность возбуждает сейсмические волны. То есть вследствие падения самолета высока вероятность гибели экипажа и пассажиров, а также возможно появление поражающих факторов, вызывающих сгорание, разрушение различных объектов и травмирование людей на местности.

Поражающий эффект аварийного падения самолета зависит от взлетной массы самолета $M_{\text{сам}}$, остатка массы M_T и типа топлива в баках, а также высоты падения h_p . Коммерческие самолеты различных типов со взлетной массой $M_{\text{сам}} = 300\text{--}400$ т могут иметь в баках топливо со средним отношением исходной массы к взлетной массе $\beta_0 = M_{T0}/M_{\text{сам}} \sim 30\text{--}35\%$ и более. Например, для Боинга 777-300 с $M_{\text{сам}} = 297,56$ т максимальная масса топлива 171 тыс. л., то есть при плотности авиакеросина 775 кг/м^3 отношение $\beta_0 \sim 0,45$. Остаток массы топлива в полете перед аварией (или отношение $\beta_1 = M_T/M_{\text{сам}}$) в зависимости от типа самолета и условий полета может быть в широких пределах.

Возможный сценарий аварийного падения самолета, зависящий от большого числа случайных факторов, предвидеть практически невозможно, и на практике различные аварийные процессы часто рассматривают раздельно или устанавливают на основании экспертных оценок. Статистические вероятности различных сценариев развития аварии с выбросом жидких углеводородов таковы [9]:

Сценарий аварии	Вероятность	Сценарий аварии	Вероятность
Факел	0,0574	Сгорание с развитием избыточного давления	0,0119
Огненный шар	0,7039	Без горения	0,0292
Горение пролива	0,0287	Итого	1
Сгорание облака	0,1689		

Далее приведены алгоритмы анализа основных аварийных процессов, реализованные в программах FIRE [4], EXPLOS [5, 6], GPVS [7, 8] и KOSMOS [1] с использованием нормативных положений документов [9-11] и работ [12, 13]. Программа FIRE служит для определения максимальных значений интенсивности и дозы теплового излучения в функции дистанции от центра пожара пролива, а также дозы для подвижного облучаемого объекта в процессе эвакуации с некоторой скоростью. Программы EXPLOS и GPVS вычисляют по ряду сценариев распределения параметров детонационного объемного взрыва, дефлаграционного взрывного превращения облаков испарений выброса топлива из баков самолета и параметров огненного шара при дефлаграции. Программа KOSMOS прогнозирует сейсмический эффект падения самолета.

Приведены результаты моделирования вероятных аварийных событий в энергетических переменных, позволяющие прогнозировать последствия падения самолета с произвольными исходными данными: по взлетной массе и величине возможного энергозапаса – массы топлива в баках. Действие поражающих факторов на здание и людей на территории проиллюстрировано на примере аварии тяжелого коммерческого самолета. Результаты анализа представлены в четырех разделах: 1 – Пожары, 2 – Детонационный взрыв, 3 – Дефлаграционные превращения, 4 – сейсмический эффект удара.

1. ПОЖАРЫ

1.1. Распределение параметров пожара по координате

При пожаре аварийного выброса и разлива топлива поражающее (воспламеняющее) действие теплового излучения на различные объекты определяется потоком (интенсивностью) излучения q и дозой (импульсом) Q . В процессе выброса площадь разлива S увеличивается, в некоторый момент происходит воспламенение, и дальнейшее расширение площади пожара прекращается при полном выгорании топлива в момент времени τ .

Положим, что с момента $t = 0$ начала выброса и воспламенения топлива происходит разлив горящего продукта с постоянной скоростью фронта разлива и пламени V_{ϕ} . Площадь горящего разлива S с координатой фронта z_{ϕ} возрастает со временем t , и для фиксированной точки на местности с дистанцией $r \geq z_{\phi}$ (за пределами горения) интенсивность излучения определяется функцией времени $q[r, S(t)]$. Доза (импульс) облучения находится интегралом

$$Q(r, t) = \int_0^t q[r, S(t)] dt, \quad t \leq \tau. \quad (1.1)$$

Если в фиксированной точке местности на дистанции r , м, от центра разлива (пожара) интенсивность теплового излучения $q(r)$, кВт/м², постоянна, то доза теплового облучения $Q(r)$, кДж/м², зависит от интенсивности $q(r)$ и длительности воздействия (экспозиции τ) [9]

$$Q = q(r) \cdot \tau. \quad (1.2)$$

причем экспозиция τ , с, соответствует времени полного выгорания топлива на площади S , м², с удельной массовой скоростью выгорания m , кг/(м²·с):

$$\tau = M_T / (m \cdot S). \quad (1.3)$$

Интенсивность излучения q , кВт/м²,

$$q = E_f F_q \alpha, \quad (1.4)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности;

α – коэффициент пропускания атмосферы.

Эффективный диаметр разлива d , м, равен

$$d = \sqrt{4S/\pi},$$

высота пламени H , м,

$$H = 42d \left[m / (\rho_0 \sqrt{g \cdot d}) \right]^{0,61}, \quad (1.5)$$

коэффициент пропускания атмосферы α ($K = 1 \text{ м}^{-1}$ – коэффициент размерности)

$$\alpha = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} K(r - 0,5d)] \quad (r \geq 0,5d). \quad (1.6)$$

Угловой коэффициент F_q определяется по формуле

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (1.7)$$

в которой величины F_V и F_H вычисляются из соотношений

$$S_1 = 2r/d; \quad h = 2H/d; \quad \eta_1 = (h^2 + S_1^2 + 1)/(2S_1); \quad \eta_2 = (1 + S_1^2)/(2S_1);$$

$$\lambda_i = \arctg \sqrt{(\eta_i + 1)(S_1 - 1)/[(\eta_i - 1)(S_1 + 1)]} \quad (i = 1, 2),$$

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S_1} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S_1^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S_1} \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S_1 - 1}{S_1 + 1}} \right) - \frac{\eta_1}{\sqrt{\eta_1^2 - 1}} \cdot \lambda_1 \right\} \right],$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(\eta_2 - 1/S_1)}{\sqrt{\eta_2^2 - 1}} \cdot \lambda_2 - \frac{(\eta_1 - 1/S_1)}{\sqrt{\eta_1^2 - 1}} \cdot \lambda_1 \right].$$

Проведены расчеты для аварийного падения тяжелого самолета со взлетной массой $M_{сам} = 400$ т. Топливо – авиакеросин марок ТС-1 и РТ [14]: плотность $\rho_T = 775$ кг/м³, теплота сгорания $Q_0 = 43,12$ МДж/кг, температура самовоспламенения 220°C , температура самовоспламенения паров: нижний/верхний пределы $25/65^\circ\text{C}$, концентрационные пределы взрываемости нижний/верхний пределы $1,5/8,0$ %об. Среднеповерхност-

ная плотность теплового излучения пламени E_f и скорость выгорания m приняты (по дизтопливу) равными: $E_f = 18 \text{ кВт/м}^2$, $m = 0,04 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$. Масса топлива в баках M_T в момент аварии, отнесенная к полной массе принаемается в пределах $\beta_1 = 0,175 - 0,35$.

Рассмотрим начальную фазу развития пожара выброса 70 т ($\beta = 0,175$) авиакеросина при скорости фронта разлива (и пламени) $V_\Phi = 10 \text{ м/с}$. По значениям координаты фронта пламени $z_\Phi = V_\Phi t$, площади пожара $S(t) = \pi z_\Phi^2$ и толщины горящего слоя $\delta(t) = M_T / (\rho_T S)$ (при плотности разлива $\gamma = \rho_T \delta$) определены изменения со временем параметра q и интегрированием по (1.1) – параметра Q на двух дистанциях. Из табл. 1.1 видно, что при достаточно реальной скорости развития разлива предельная для устойчивого горения толщина слоя достигается весьма быстро, – за время менее 10 с, при пренебрежимо малых дозах облучения на дистанциях 100 и 200 м без заметного выгорания топлива.

Таблица 1.1

Развитие площади S горения со скоростью фронта пламени 10 м/с с уменьшением толщины слоя δ и параметры термического действия пожара 70 т топлива на дистанциях 100 и 200 м

$r, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
	$z_\Phi, \text{ м}$	0	10	20	30	40	50	60	70
	$S, \text{ м}^2$	0	314	1257	2827	5027	7854	11310	15394
	$\delta, \text{ мм}$	0	288	72	32	18	11,5	8,0	5,9
$r_1 = 100$	$q, \text{ кВт/м}^2$	0	0,054	0,202	0,477	0,967	1,654	2,547	3,677
	$Q, \text{ кДж/м}^2$	0	0,121	0,445	1,158	2,433	4,561	7,426	
$r_2 = 200$	$q, \text{ кВт/м}^2$	0	0,0063	0,024	0,0584	0,124	0,222	0,358	0,538
	$Q, \text{ кДж/м}^2$	0	0,0145	0,0534	0,142	0,310	0,605	1,077	

То есть имеются доводы вести расчет, полагая образование разлива мгновенным при постоянной площади тонкого слоя или иной площади, диктуемой условиями местности. Данная предпосылка использована в расчетном алгоритме (1.2)–(1.7), реализованном в программе FIRE, в которой по типу топлива, площади и массе пролива определяются значения интенсивности $q(r)$ и дозы $Q(r)$ теплового излучения в функции дистанции от центра пожара пролива.

Приведем результаты вариантных расчетов по программе FIRE. По различным значениям относительной массы топлива β_1 , толщины δ топливного слоя и соответствующим значениям плотности $\gamma = \rho_T \delta$, площади $S = M_T / \gamma$ и радиуса r_0 разлива определены экспозиция и высота пламени

(табл. 1.2). Параметры пожара – распределения по координате r интенсивности излучения $q(r)$ (за внешней кромкой пожаров при $r > r_0$) и дозы облучения $Q(r)$ при воспламенении 70 т топлива и трех значениях площади S представлены в табл. 1.3 и на рис. 1.1. Интенсивность теплового излучения $q(r_0) = 12,66$ кВт/м².

Возможные результаты действия теплового излучения пожаров проливов жидкого топлива на людей можно оценить по величине дозы, вызывающей поражение различной степени. По [9], ожогам 1-й степени соответствует граничное значение дозы $Q = 120$ кДж/м², 2-й степени 220 кДж/м² и 3-й степени 320 кДж/м². По представленным результатам расчета опасность ожогов стационарного реципиента возможна на дистанциях $r \leq 150$ м.

Таблица 1.2

Площадь S и радиус r_0 аварийного разлива авиакеросина, экспозиция τ и высота пламени H при различных значениях массы M_T и толщины δ горящего слоя

δ , мм	30			20			10		
β_1	0,175	0,25	0,35	0,175	0,25	0,35	0,175	0,25	0,35
M_T , т	70	100	140	70	100	140	70	100	140
γ , кг/м ²	23,3			15,5			7,75		
S , м ²	3011	4301	6022	4516	6452	9032	9032	12903	18065
r_0 , м	31,0	37,0	43,8	37,9	45,3	53,6	53,62	64,1	75,8
τ , мин.	9,7			6,5			3,23		
H , м	46,2	52,3	58,8	53,2	60,3	67,7	67,8	76,7	86,2

Таблица 1.3

Интенсивность q (кВт/м²) и доза Q (кДж/м²) теплового излучения пожара на дистанциях r при воспламенении 70 т топлива выброса на площадях S

S , м ²	r , м	54	74	84	94	104	124	154	204	304	404	504
3000	q	2,6	1,18	0,841	0,615	0,46	0,275	0,14	0,06	0,017	0,007	0,003
	Q	1520,0	686,2	488,5	357,1	267,5	159,6	82,9	34,7	9,72	3,84	1,88
4500	q	4,1	1,89	1,36	1,01	0,76	0,459	0,24	0,10	0,028	0,011	0,005
	Q	1592,1	732,6	527,7	390,1	294,8	177,9	93,2	39,1	11,0	4,3	2,1
9000	q	11,4	4,20	3,05	2,29	1,76	1,09	0,53	0,25	0,071	0,028	0,013
	Q	2217,1	814,2	590,0	444,0	341,4	212,0	113,8	48,6	13,7	5,42	2,58

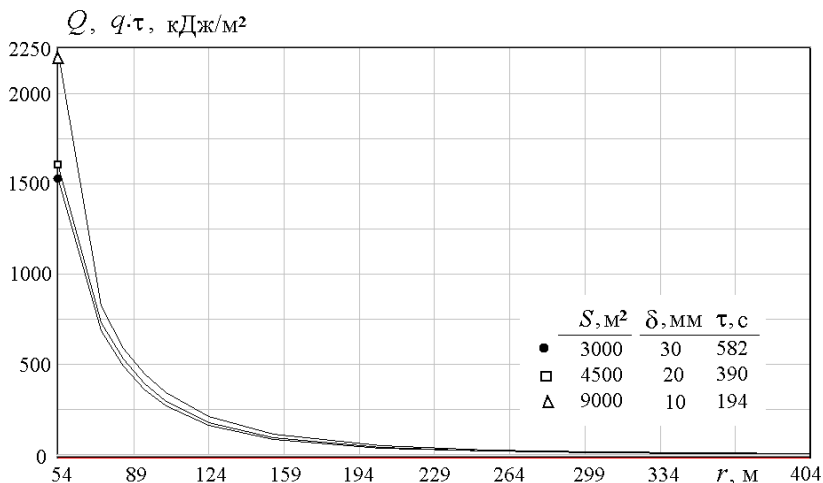


Рис. 1.1. Параметры пожара 70 т авиакеросина на расстояниях r при различных площадях разлива S

1.2. Параметры пожара для подвижных объектов в процессе эвакуации

Оценка поражающего действия излучения на подвижный объект (на людей, на транспортные средства с людьми в процессе эвакуации) определяется интенсивностью излучения $q[r(t)]$ и дозой $Q[r(t)]$ на расстояниях, возрастающих со временем до полного выгорания топлива.

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением по [9] определяется с применением формулы для «пробит-функции» $P_r = -14,9 + 2,56 \ln = (\tau q^{1,33})$. Данная оценка предполагает для условной дозы использование параметра $\tau q^{1,33}$ и формулы $\tau = t_0 + x/v$, в которой t_0 – время обнаружения пожара (допускается принимать 5 с), x – расстояние от места расположения человека до зоны с интенсивностью 4 кВт/м^2 , v – скорость движения человека (допускается принимать $v = 5 \text{ м/с}$), q – интенсивность излучения в исходном месте положения человека.

Уточним расчет, учтя изменение со временем интенсивности излучения с координатой. Пусть в момент воспламенения $t = 0$ объект, расположенный на дистанции $r = r_0$ от центра пожара, начинает смещаться от центра со скоростью v . Интенсивность действующего на объект излучения будет убывать во времени с увеличением дистанции при накоплении дозы Q_L к моменту t , определяемой интегралом

$$Q_L = \int_0^t q[r(t)]dt. \quad (1.8)$$

Конечное значение t может быть принято равным времени выгорания τ или иному времени, например соответствующему предельно допустимому значению $q \sim 4 \text{ кВт/м}^2$. Далее рассмотрено движение с постоянной скоростью $v = \text{const}$, для которого $r = r_0 + v \cdot t$, $t \leq \tau$. Алгоритм реализован в программе FIRE.

Таблица 1.4

Изменения со временем t дистанции r , интенсивности q и дозы Q теплового излучения для подвижного объекта со скоростью эвакуации 5 м/с

$t, \text{с}$	0	3,13	6,25	12,5	18,8	25,0	31,3	37,5	43,8	50,0	56,3	62,5	68,8
$r, \text{м}$	54	69,6	85,3	116,5	147,7	179,0	210,3	241,5	272,8	304,0	335,3	366,5	397,8
$q, \text{кВт/м}^2$	11,4	4,92	2,94	1,30	0,66	0,37	0,23	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03
$Q, \text{кДж/м}^2$	0	25,56	37,84	50,12	56,35	59,51	61,36	62,52	63,28	63,81	64,19	64,47	64,68

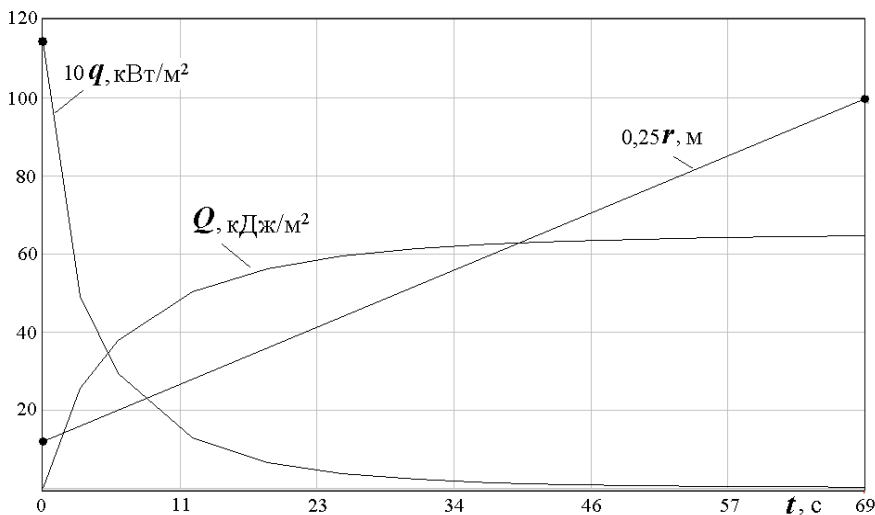


Рис. 1.2. Интенсивность теплового излучения q и доза Q , действующие на объект, удаляющийся от пожара (на дистанциях r) со скоростью 5 м/с

Счет с исходными данными предыдущего варианта ($M_T = 70$ т, $S = 9000$ м²) выполнен для подвижного объекта в процессе эвакуации от точки с начальной координатой $r_0 = 54$ м со скоростью 5 м/с на дистанции до 400 м (табл. 1.4, рис. 1.2). При указанной скорости доза, получаемая реципиентом, безопасна – не превышает 70 кДж/м².

2. ДЕТОНАЦИОННЫЙ ВЗРЫВ

При аварийном падении самолета (рис. 2.1), вскрытии баков, выбросе и интенсивном испарении жидких углеводородных топлив с образованием газопаровоздушных облаков возможно их воспламенение, быстрое сгорание (дефлаграция), а также детонационный взрыв. Ниже рассмотрены характеристики детонации испарившегося облака.

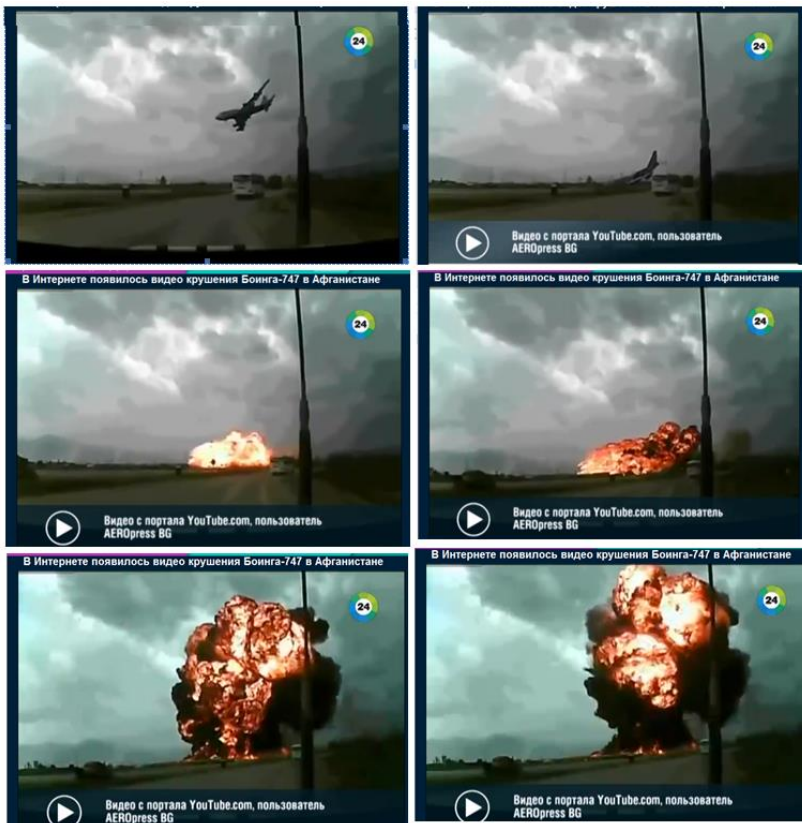


Рис. 2.1. Трагическая катастрофа падения самолета БОИНГ-747 29 апреля 2014 г. в Афганистане

2.1. Параметры ударной волны при детонации облака испарившегося топлива

Обычно в расчете принимают, что сформировавшееся облако имеет полусферическую форму и расположено у поверхности земли. Поэтому для учета эффекта взаимодействия с грунтом (отражения взрывной волны от земной поверхности) расчетное значение массы выброса удваивают. Кроме того, поскольку при выбросах не все количество жидкого продукта переходит в облако, к удвоенному расчетному значению массы продукта вводят коэффициент $\nu \leq 1$, значение которого при растекании легковоспламеняющихся жидкостей принимают в пределах 0,02–0,07.

Начальный радиус R_0 , м, полусферического облака в зависимости от его объема V_0 , м³,

$$R_0 = \sqrt[3]{3V_0/(2\pi)}. \quad (2.1)$$

Поскольку согласно закону Авогадро киломоль идеального газа занимает фиксированный объем ($V_a = 22,4$ м³), для газовой смеси стехиометрического состава с объемной концентрацией $C_{СТХ}$ и молекулярной массой $\mu_{Г}$ горючей компоненты массы M объем облака равен

$$V_0 = V_a \nu M / (\mu_{Г} C_{СТХ}). \quad (2.2)$$

Воспламенение облака газозвдушной смеси (ГВС) происходит при наличии источника зажигания. При этом возможен переход дозвукового дефлаграционного режима с ускоряющимся пламенем к детонационному сверхзвуковому, в частности, под влиянием препятствий – турбулизаторов пламени.

При детонации облака ГВС параметры ударной волны в энергетических координатах определяют в функции параметра $\lambda = \lambda(R, E)$ [10, 15-18]

$$\lambda = R \sqrt[3]{E}. \quad (2.3)$$

где R – расстояние от центра взрыва облака вблизи земной поверхности, м;

E – эффективный энергозапас, МДж, определяемый удельной теплотой $q_{Г}$, МДж/кг, взрывного превращения топлива в облаке:

$$E = 2\nu M q_{Г}, \quad q_{Г} \cong 44\beta, \quad (2.4)$$

где M – масса топлива, кг ($M_{\text{эф}} = 2\nu M$ – эффективная масса);

β – коэффициент типа топлива, принимаемый для приближенной оценки теплоты сгорания топлива в газовой смеси (для керосина $\beta = 1$);

ν – доля топлива в облаке. На границе облака $R \cong R_0$ коэффициент $\lambda \cong \lambda_{кр} \cong 0,33 \text{ м/МДж}^{1/3}$.

Поражающее действие проходящей ударной волны характеризуется амплитудой избыточного давления/разрежения $\Delta P_{+/-}$, МПа; удельным импульсом фазы сжатия ударной волны/фазы разрежения $J_{+/-}$, МПа·с и временем фазы сжатия/фазы разрежения $\tau_{+/-}$, с, определяемыми по формулам

$$\psi = a \exp[b + c \ln \lambda + d (\ln \lambda)^2] \quad (\lambda \geq 0,33), \quad (2.5)$$

$$\psi = a \exp[b - 1,109c + 1,229d] \quad (\lambda < 0,33). \quad (2.6)$$

Таблица 2.1

Коэффициенты в формулах (2.5), (2.6)

ψ	a	B	C	D
P_+^*	1	0,299	-2,058	0,260
P_-^*	-1	-1,460	-1,402	0,079
J_+^*	0,001	-0,843	-0,932	-0,037
J_-^*	-0,001	-0,873	-1,250	0,132
τ_+^*	0,001	0,106	0,448	-0,026
τ_-^*	0,001	1,299	0,412	-0,079

Значения коэффициентов даны в табл. 2.1, в которой приняты обозначения: $P_{+/-}^* = \Delta P_{+/-} / P_0$; $J_{+/-}^* = 10 \xi J_{+/-}$, МПа^{2/3}·с; $\tau_{+/-}^* = \xi \tau_{+/-}$, с·МПа^{-1/3}; $\xi = 1/\sqrt[3]{E}$, МДж^{-1/3}; P_0 – атмосферное давление. При $\lambda < 0,33 \text{ м/МДж}^{1/3}$ (в зоне облака) параметры ударной волны постоянны, и давление $\Delta P_{+}/P_0 = 18$.

Приведенный алгоритм реализован в программе EXPLOS. Полученные по программе значения параметров ударной волны в функции энергетической координаты λ при $\nu = 0,02$ приведены в табл. 2.2, а по давлениям и импульсам – на рис. 2.2. Соотношения положительных и отрицательных параметров взрыва можно наблюдать на графиках рис. 2.3. Результаты расчетов на рис. 2.3–2.7 сняты с монитора при работе программы.

Для оценки поражающего действия конкретного аварийного источника следует перейти к размерным переменным.

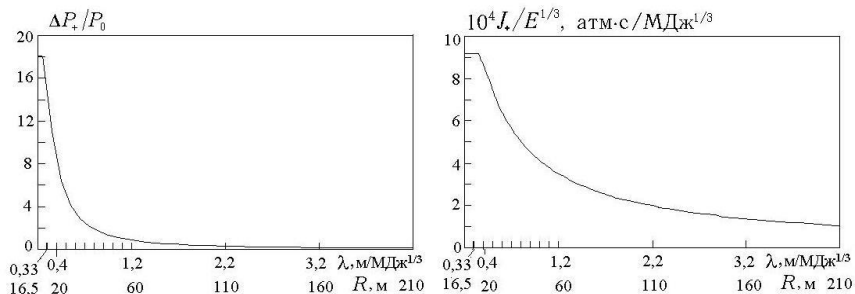


Рис. 2.2. Изменение по координате избыточного давления ΔP_+ на фронте проходящей ударной волны и удельного импульса J_* фазы сжатия при детонации облака испарившегося авиакеросина. Шкала R соответствует энергозапасу $12,32 \cdot 10^4$ МДж

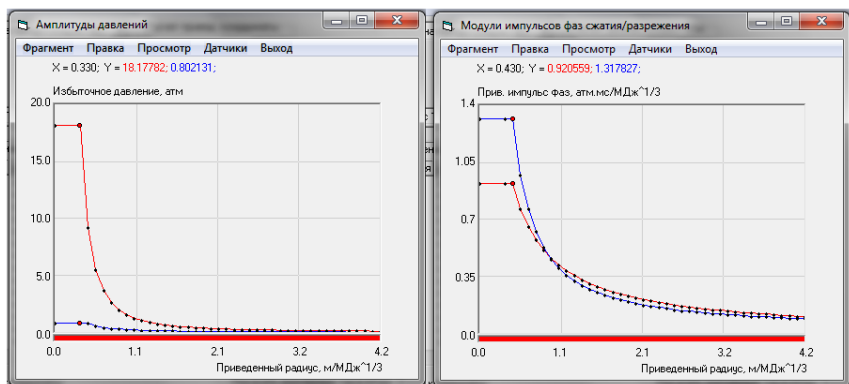


Рис. 2.3. Параметры положительной (красным) и отрицательной (синим) фаз взрыва в энергетических переменных

Таблица 2.2

Параметры проходящей ударной волны детонационного взрыва
в энергетических переменных

λ	P_+^*	P_-^*	$10^4 J_+^*$	$10^4 J_-^*$	$10^3 \tau_+^*$	$10^3 \tau_-^*$
0,330	18,1778	-0,8021	8,206	-13,178	0,748	2,447
0,400	11,0565	-0,8021	8,206	-13,178	0,748	2,447
0,500	6,3625	-0,6375	8,067	-10,585	0,805	2,652
0,600	4,1284	-0,4852	6,862	-8,187	0,878	2,808
0,700	2,8041	-0,3868	5,873	-6,634	0,845	3,133

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 2.2

λ	P_+^*	P_-^*	$10^4 J_+^*$	$10^4 J_-^*$	$10^3 \tau_+^*$	$10^3 \tau_-^*$
0,800	2,1623	-0,3188	5,288	-5,557	1,005	3,331
0,900	1,6788	-0,2684	4,746	-4,772	1,060	3,507
1,000	1,3485	-0,2322	4,304	-4,177	1,112	3,666
1,100	1,1108	-0,2033	3,837	-3,712	1,160	3,310
1,200	0,8347	-0,1803	3,627	-3,340	1,205	3,841
1,300	0,8001	-0,1616	3,362	-3,037	1,248	4,062
1,400	0,6848	-0,1462	3,132	-2,784	1,288	4,173
1,500	0,6110	-0,1333	2,832	-2,571	1,328	4,276
1,600	0,5428	-0,1223	2,755	-2,380	1,365	4,372
1,700	0,4868	-0,1128	2,588	-2,233	1,400	4,461
1,800	0,4401	-0,1047	2,457	-2,087	1,434	4,544
1,800	0,4006	-0,0876	2,331	-1,877	1,466	4,622
2,000	0,3668	-0,0813	2,216	-1,871	1,488	4,686
2,100	0,3380	-0,0857	2,112	-1,777	1,528	4,764
2,200	0,3128	-0,0808	2,017	-1,682	1,557	4,828
2,300	0,2808	-0,0763	1,830	-1,616	1,586	4,381
2,400	0,2716	-0,0723	1,850	-1,547	1,613	4,848
2,500	0,2545	-0,0687	1,776	-1,484	1,640	5,004
2,600	0,2383	-0,0654	1,708	-1,427	1,666	5,056
2,700	0,2257	-0,0624	1,644	-1,375	1,681	5,105
2,800	0,2135	-0,0586	1,585	-1,326	1,716	5,152
2,800	0,2024	-0,0571	1,530	-1,282	1,738	5,187
3,000	0,1824	-0,0548	1,478	-1,241	1,763	5,240
3,100	0,1833	-0,0526	1,430	-1,202	1,785	5,280
3,200	0,1750	-0,0506	1,385	-1,167	1,807	5,318
3,300	0,1674	-0,0487	1,342	-1,134	1,828	5,356
3,400	0,1604	-0,0470	1,302	-1,102	1,850	5,382
3,500	0,1538	-0,0454	1,264	-1,073	1,871	5,426
3,600	0,1430	-0,0438	1,228	-1,046	1,881	5,458
3,700	0,1425	-0,0425	1,183	-1,020	1,811	5,488
3,800	0,1374	-0,0411	1,161	-0,886	1,830	5,518
3,800	0,1326	-0,0388	1,130	-0,873	1,848	5,548
4,000	0,1282	-0,0387	1,101	-0,852	1,868	5,575
4,100	0,1240	-0,0376	1,073	-0,831	1,886	5,602
4,200	0,1202	-0,0365	1,047	-0,812	2,004	5,627

**2.2. Расчет параметров взрыва
выброса 70 тонн топлива**

Определим параметры детонационного взрыва облака испарившегося топлива при аварийном выбросе 70 т авиакеросина. Энергия наземного взрыва (при $\nu = 0,02$) по формуле (2.4) составит $E = 2 \cdot 0,02 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 44 = 12,32 \cdot 10^4$ МДж. Эффективная масса $M_{\text{эф}} = 2 \cdot 0,02 \cdot 70 = 2,8$ т.

Перейдем к размерной координате: $R = \lambda \sqrt[3]{E} = \lambda \sqrt[3]{12,32 \cdot 10^4} = 50\lambda$ м, и табл. 2.2 дана в диапазоне $R = 0 \div 50 \cdot 4,2 = 210$ м. На рис. 2.1 параметры взрыва приведены по энергетической (λ) и размерной (R) координатам.

На дистанции здания $R = 77$ м коэффициент $\lambda = R/50 = 77/50 = 1,54$; $\xi = 1/\sqrt[3]{12,32 \cdot 10^4} = 0,02$. По табл. 2.2, интерполируя:

$$P_+^* = 0,589; P_-^* = -0,13; J_+^* = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{2/3} \cdot \text{с};$$

$$J_-^* = -2,50 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{2/3} \cdot \text{с};$$

$$\tau_+^* = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ с} \cdot \text{МПа}^{-1/3}; \quad \tau_-^* = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ с} \cdot \text{МПа}^{-1/3}.$$

Переходя к размерным величинам, получим значения параметров ударной волны, действующей на здание:

$$\Delta P_+ = P_+^* \cdot P_0 = 0,058 \text{ МПа}; \quad \Delta P_- = P_-^* \cdot P_0 = -0,013 \text{ МПа};$$

$$J_+ = J_+^* / (10\xi) = 2,85 \cdot 10^{-4} / (10 \cdot 0,02) = 0,00143 \text{ МПа} \cdot \text{с};$$

$$J_- = -0,00125 \text{ МПа} \cdot \text{с};$$

$$\tau_+ = \tau_+^* / \xi = 1,34 \cdot 10^{-3} / 0,02 = 0,067 \text{ с}; \quad \tau_- = 0,216 \text{ с}.$$

Параметры взрыва в зоне облака ($R \leq 16,4$ м): давление на фронте ударной волны $\Delta P_+ = 1,8$ МПа; давление разрежения $\Delta P_- = -0,08$ МПа; удельный импульс фазы сжатия $J_+ = 4,58$ кПа·с; импульс фазы разрежения $J_- = -6,56$ кПа·с; время фазы сжатия $\tau_+ = 0,0372$ с; время фазы разрежения $\tau_- = 0,122$ с. Выдача расчета, выполненного по программе EXPLOS, показана на рис. 2.4.

Действие взрыва на объекты территории показано на примере реальной застройки одного из поселков Тюменской области, выполненном по программе GPVS. На планах рис. 2.5 и 2.6 показаны зоны на местности с различными уровнями давлений, импульсов и вероятностей поражения людей. На рис. 2.7 (функций параметров взрыва по координате) положением курсора зафиксированы значения параметров на дистанции 77 м анализируемого объекта (здания). Подробная информация действия взрыва на здание приведена на рис. 2.8.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

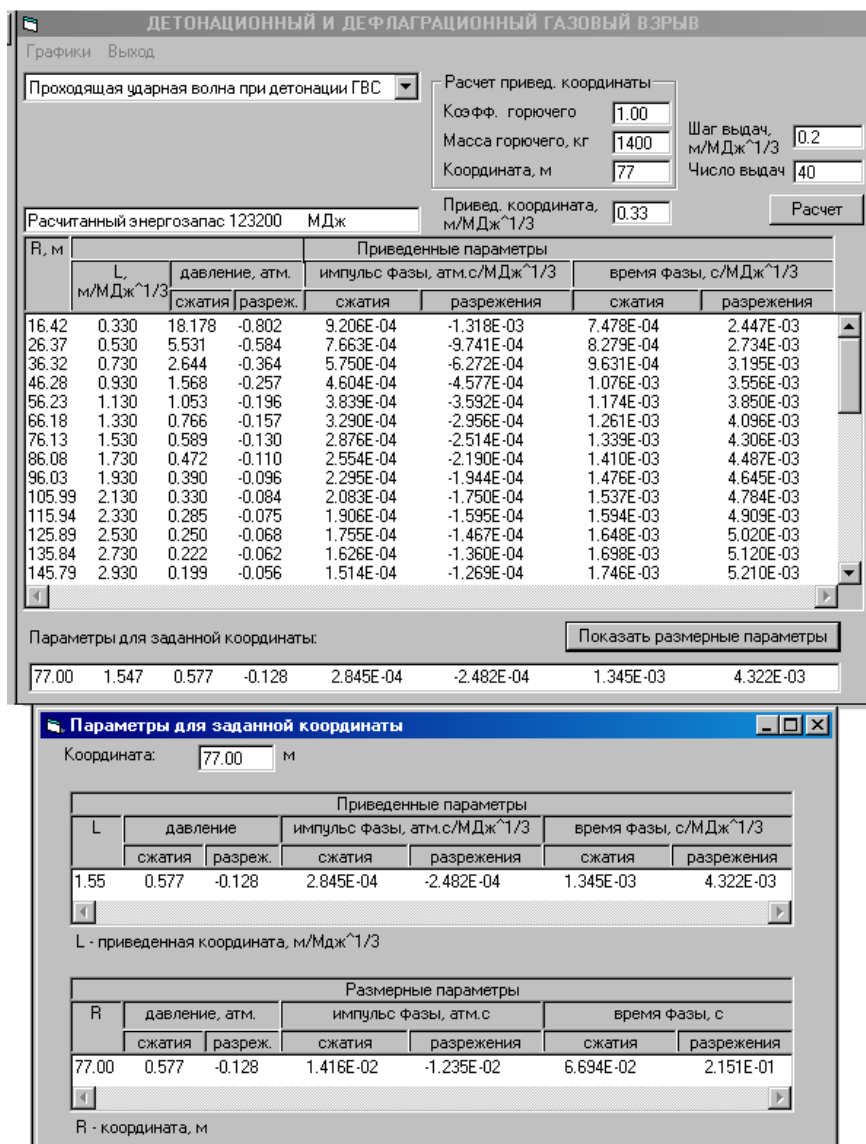


Рис. 2.4. Выдача результатов расчета по программе EXPLOS параметров детонационного взрыва с данными для координаты реципиента R = 77 м

Предотвращение аварий зданий и сооружений

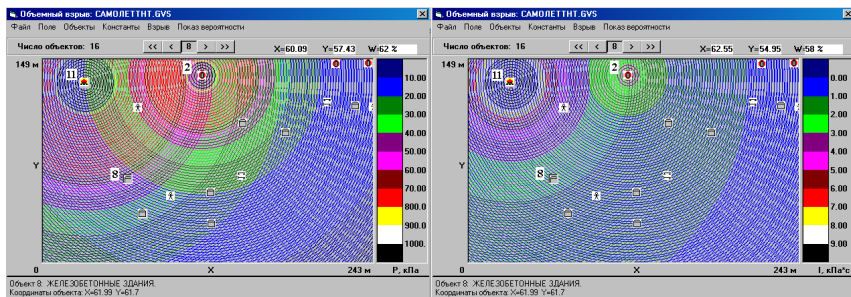


Рис. 2.5. Поля давлений и удельных импульсов на территории в зоне взрывов топлива упавшего самолета (объект 11) и емкости со 150 кг жидкого пропана (объект 2) по эффекту домино; объект 8 – железобетонное здание на дистанции 77 м от взрыва самолета

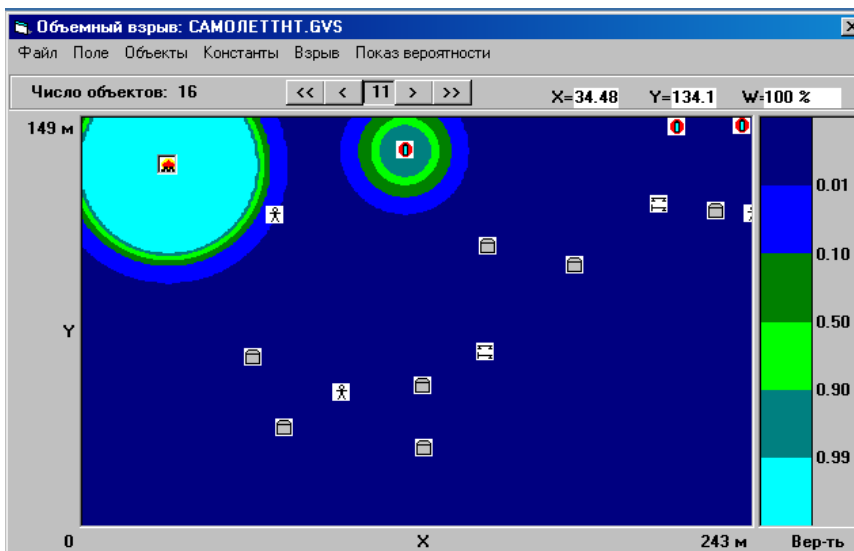


Рис. 2.6. Поля вероятности различной степени поражения людей в зоне взрывов топлива упавшего самолета и емкости со 150 кг жидкого пропана по эффекту домино

Предотвращение аварий зданий и сооружений

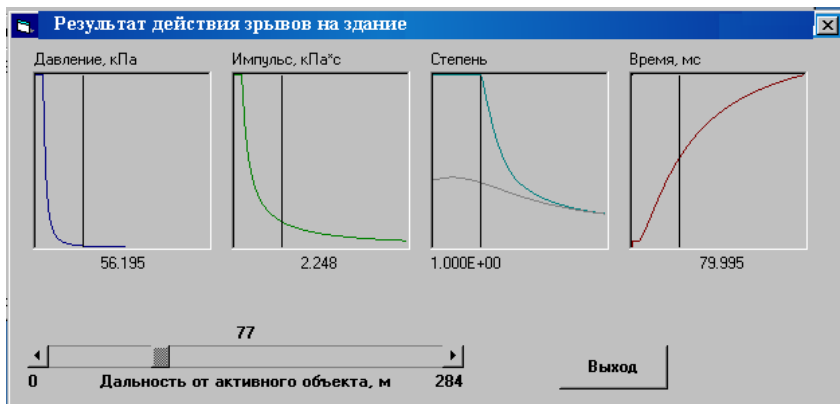


Рис. 2.7. Распределение по координате максимума давления, удельного импульса, времени фазы сжатия и двух степеней повреждения железобетонного многоэтажного здания; по вертикали курсора значения параметров на удалении 77 м здания от самолета

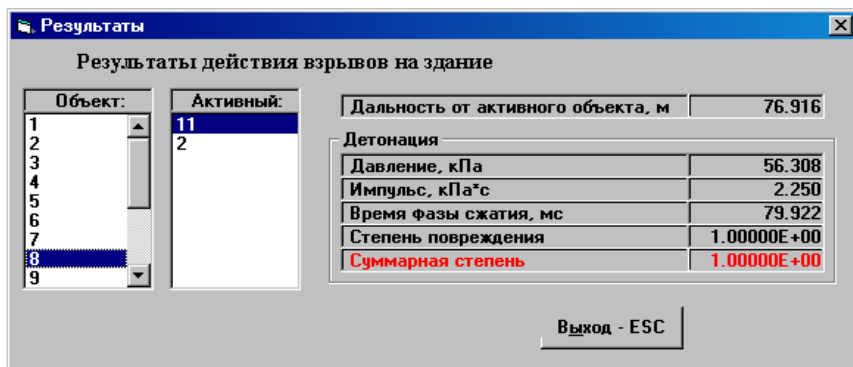


Рис. 2.8. Результаты действия детонационных взрывов на железобетонное многоэтажное здание (объект 8) на удалении 77 м от самолета (объект 11); суммарная степень повреждения – от двух источников (объекты 11 и 2) с учетом эффекта «домино»

3. ДЕФЛАГРАЦИОННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ

Дефлаграция – процесс развития пламени в газовой смеси от нормального ламинарного горения (со скоростями примерно до 0,5 м/с) до возникновения в ускоряющемся пламени ударного скачка, а затем устойчивой самоподдерживающейся детонации. При дефлаграции возможно как взрывное превращение с образованием взрывной волны с механическим действием, так и возникновение огненного шара с интенсивной термической радиацией. Огненный шар без детонации возникает обычно при горении газозвушной смеси, переобогащенной топливом, а также в некоторых случаях – состава, близкого стехиометрическому.

3.1. Параметры волны сжатия дефлаграционного взрыва

Параметры взрывной волны при дефлаграции определяют в функции параметра λ_d , м/МДж^{1/3}, [10, 18]

$$\lambda_d = R / \sqrt[3]{E} \quad (\lambda_d > \lambda_{d,кр} = 0,73251).$$

Амплитуда избыточного давления ΔP_{def} , МПа:

$$P_{def}^*(\lambda_d) \equiv 10 \Delta P_{def} / P_* = F_p(\lambda_d), \quad F_p(\lambda_d) = 1,788 / \lambda_d - 0,65 / \lambda_d^2,$$

$$P_* = (V_\Gamma / C_0)^2 (\sigma - 1) / \sigma. \quad (3.1)$$

Импульс фазы сжатия J_{def} , МПа·с:

$$J_{def}^* \equiv 10 J_{def} / J_* = F_J(\lambda_d), \quad F_J(\lambda_d) = 0,1293 / \lambda_d + 0,0464 / \lambda_d^2 - 0,025 / \lambda_d^3,$$

$$J_* = \frac{2,154 \cdot V_\Gamma E^{1/3}}{C_0^2} \cdot \frac{\sigma - 1}{\sigma} \left(1 - 0,4 \frac{V_\Gamma}{C_0} \cdot \frac{\sigma - 1}{\sigma} \right), \quad (3.2)$$

где V_Γ – скорость видимого фронта пламени, м/с;

σ – степень расширения продуктов сгорания;

E – энергозапас, МДж;

C_0 – скорость звука в воздухе.

При $C_0 = 340$ м/с и $\sigma = 7$ формулы (3.1) и (3.2) перепишем:

$$P_* = 7,414 \cdot 10^{-6} V_\Gamma^2, \quad (3.3)$$

$$J_* = 1,6 \cdot 10^{-5} V_\Gamma E^{1/3} (1 - 1,0084 \cdot 10^{-3} V_\Gamma), \quad (3.4)$$

и при $V_\Gamma = 200$ м/с $P_* = 0,298$; $J_* = 2,55 \cdot 10^{-3} E^{1/3}$.

При $\lambda_d \leq \lambda_{d,кр}$ параметры взрывной волны постоянны, и в расчете используются те же формулы с подстановкой значения $\lambda_d = \lambda_{d,кр}$. Длительности фазы сжатия определяется по формуле $\tau_{эф} \cong 2J_{def}^* / \Delta P_{def}$.

Результаты моделирование дефлаграции при доле участия продукта во взрывном процессе $\nu = 0,1$ по программе EXPLOS [6, 8] в энергетических переменных приведены на рис. 3.1 и в табл. 3.1.

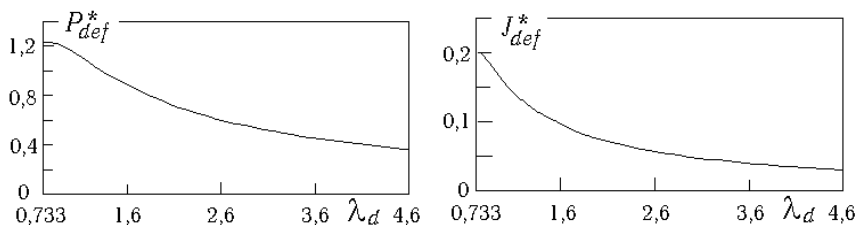


Рис. 3.1. Избыточное давление и удельный импульс фазы сжатия взрывной волны дефлаграционного взрыва в энергетических переменных

Таблица 3.1

Параметры дефлаграционного взрыва в энергетических переменных

λ_d	P_{def}^*	$10^2 J_{def}^*$	λ_d	P_{def}^*	$10^2 J_{def}^*$
0,733	1,2295	18,838	2,700	0,5731	5,288
0,800	1,2194	18,530	2,800	0,5557	5,086
0,900	1,1842	16,666	2,800	0,5393	4,808
1,000	1,1380	15,070	3,000	0,5238	4,733
1,100	1,0883	13,711	3,100	0,5091	4,570
1,200	1,0386	12,550	3,200	0,4953	4,417
1,300	0,8808	11,554	3,300	0,4821	4,275
1,400	0,8455	10,682	3,400	0,4697	4,141
1,500	0,8031	9,941	3,500	0,4578	4,015
1,600	0,8636	8,283	3,600	0,4465	3,886
1,700	0,8268	8,703	3,700	0,4358	3,784
1,800	0,7827	8,187	3,800	0,4255	3,678
1,900	0,7610	7,726	3,800	0,4157	3,578
2,000	0,7315	7,313	4,000	0,4064	3,483
2,100	0,7040	6,838	4,100	0,3874	3,383
2,200	0,6784	6,601	4,200	0,3888	3,308

λ_d	P_{def}^*	$10^2 J_{def}^*$	λ_d	P_{def}^*	$10^2 J_{def}^*$
2,300	0,6545	6,283	4,300	0,3807	3,226
2,400	0,6322	6,012	4,400	0,3728	3,148
2,500	0,6112	5,754	4,500	0,3652	3,075
2,600	0,5815	5,517	4,600	0,3580	3,004

Пример. Определение параметров дефлаграционного взрыва облака испарившегося топлива при аварийном выбросе 70 т авиакеросина при $v = 0,1$ и $V_T = 200$ м/с.

Расчетная масса топлива $M = 0,1 \cdot 70 = 7$ т. Энергия наземного взрыва удваивается и по формуле (2.4) составит $E = 2 \cdot 0,1 \cdot 70 \cdot 10^3 \cdot 44 = 61,6 \cdot 10^4$ МДж; $J_* = 2,55 \cdot 10^{-3} E^{1/3} = 0,217$;

$$R = \lambda_d \sqrt[3]{E} = \lambda_d \sqrt[3]{61,6 \cdot 10^4} = 85,09 \lambda_d \text{ м.}$$

На дистанции железобетонного здания $R = 77$ м коэффициент $\lambda_d = R / 85,09 = 0,9049$ м/МПа^{1/3}, и по табл. 3.1 $P_{def}^* = 1,18$; $J_{def}^* = 0,166$.

Параметры взрывной волны: $\Delta P_{def} = 0,1 P_{def}^* \cdot P_* = 0,0351$ МПа; $J_{def} = 0,1 J_{def}^* \cdot J_* = 3,60 \cdot 10^{-3}$ МПа·с. В пределах облака $R \leq 62$ м $\Delta P_{def} = 0,0364$ МПа, $J_{def} = 4,33 \cdot 10^{-3}$ МПа·с.

Параметры взрывной волны по программе EXPLOS в технической системе единицы приведены на рис. 3.2 и 3.3, снятых с монитора с обозначениями: $L - \lambda_d$; $P_{\text{привед.}} - P_{def}^*$; $I_{\text{привед.}} - J_{def}^*$.

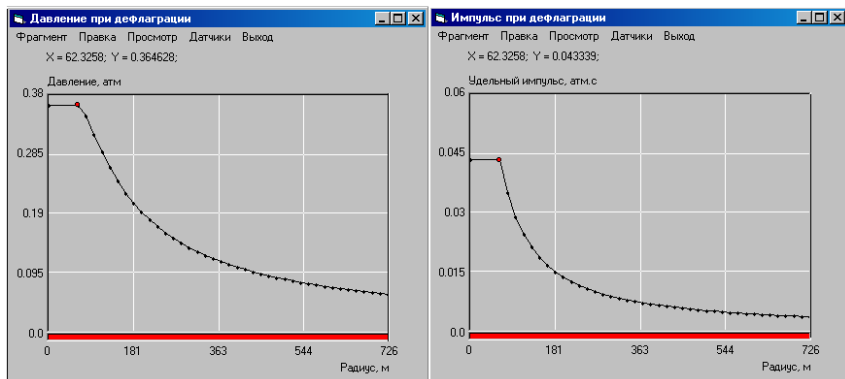


Рис. 3.2. Избыточное давление и удельный импульс фазы сжатия взрывной волны дефлаграционного взрыва в размерных переменных

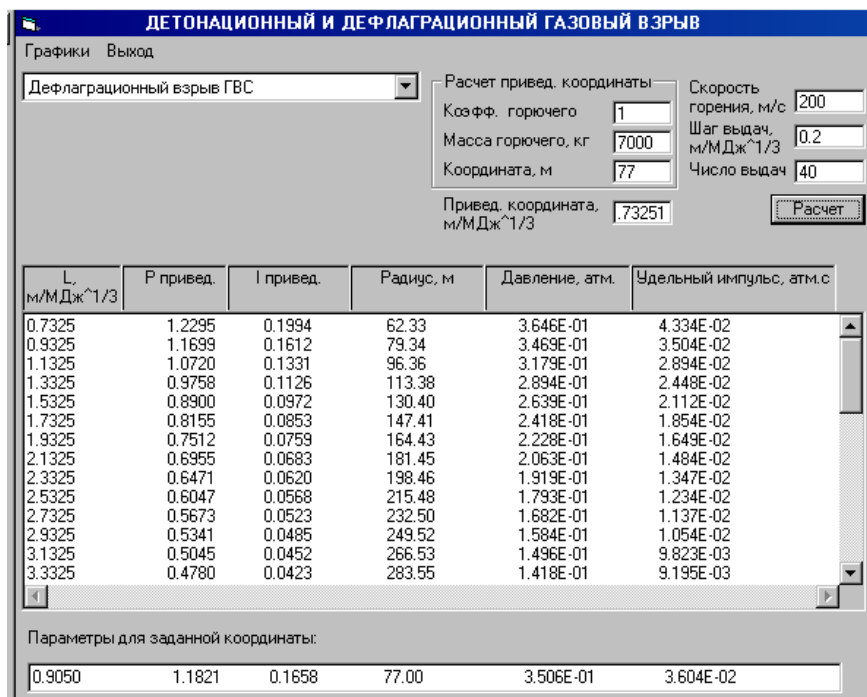


Рис. 3.3. Параметры дефлаграционного взрыва 70 т авиакеросина (расчетная масса 7 т) по координате и в месте расположения железобетонного здания на радиусе 77 м

3.2. Тепловые параметры огненного шара при дефлаграции

Воспламеняющее и поражающее действие огненного шара определяется параметрами его теплового излучения [6–9, 12–16]: величиной теплового потока и импульсом теплового излучения (без удвоения расчетной массы топлива). Для анализа использованы соотношения методик для огненного шара, образуемого от сгорания газозвушных смесей при выбросах сжиженного нефтяного газа из емкостей (Dow Chemical, США).

Диаметр $D = 2R_s$, м, и время t_s , с, существования огненного шара от сгорания газозвушной смеси с массой топлива M , кг:

$$D = 4,60 \sqrt[3]{M}, \quad t_s = 0,357 \sqrt[3]{M}.$$

Интенсивность излучения q , кВт/м², определяется по формуле, аналогичной (1.4):

$$q = \varepsilon \cdot F_k T_p,$$

$$F_k = R_s^2 R / \sqrt{(R_s^2 + R^2)^3} \equiv 2k / \sqrt{(k+4)^3},$$

$$k = (2R_s/R)^2,$$

$$T_p = 1 - 0,058 \ln R \quad (R > 2R_s = D),$$

где $\varepsilon \sim 200\text{--}270$ кВт/м² – мощность поверхностной эмиссии огненного шара;

F_k – коэффициент, учитывающий фактор угла падения;

T_p – проводимость воздуха;

R – расстояние по горизонтали от центра шара радиусом R_s .

Доза теплового излучения Q , кДж/м²:

$$Q = q t_s.$$

При $\varepsilon = 270$ кВт/м² формулы для потока излучения $q = 540 T_p \cdot k / \sqrt{(k+4)^3}$, и импульса $Q^* = Q / \sqrt[3]{M}$

$$Q^* = 192,8 T_p \cdot k / \sqrt{(k+4)^3}.$$

Расчетный алгоритм реализован в программе EXPLOS. Зависимость импульса теплового излучения от расстояния до центра огненного шара в энергетических переменных при $T_p = 1$ (без учета поправки на проводимость воздуха) приведена в табл. 3.2, в размерных переменных – на рис. 3.4 и 3.5 с данными на расстоянии 77 м положения железобетонного здания.

Таблица 3.2

Зависимость импульса теплового излучения Q^*
от относительного расстояния R/D
до центра огненного шара

R/D	1	1,2	1,5	2	5
Q^* , кДж/(м ² ·кг ^{1/3})	17,24	13,16	9,14	5,50	0,95

Предотвращение аварий зданий и сооружений

На радиусе огненного шара $q = 75,8 \text{ кВт/м}^2$, $Q = 410,8 \text{ кДж/м}^2$. На здание действует $q = 31,4 \text{ кВт/м}^2$, $Q = 170,1 \text{ кДж/м}^2$. Поражающее действие теплового излучения можно установить по табл. 3.3 и 3.4.

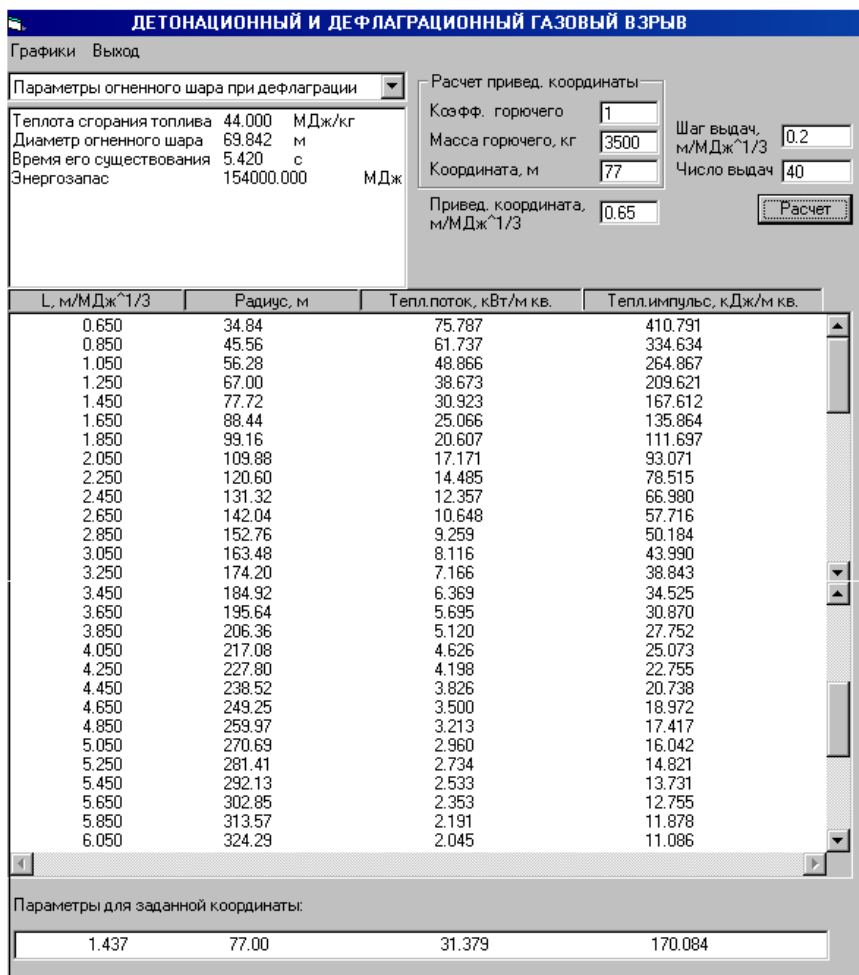


Рис. 3.4. Распределение параметров огненного шара при дефлаграции: тепловой поток и тепловой импульс (доза).
Значение массы 3500 кг введено для компенсации его удвоения в программе

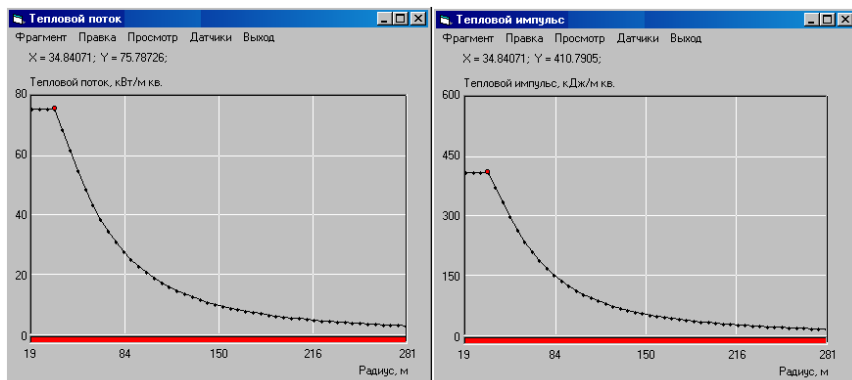


Рис. 3.5. Тепловой поток и тепловой импульс огненного шара при дефлаграции в размерных переменных

Таблица 3.3

Предельные значения импульса (дозы) теплового излучения при действии радиации огненного шара на человека

Поражение	Доза, МДж/м ²
Ожог 1-й степени	0,12
Ожог 2-й степени	0,22
Ожог 3-й степени	0,32

Таблица 3.4

Импульсы теплового излучения, МДж/м², длительностью τ , вызывающие воспламенение материалов

Материал	τ, c			
	1,56	3,16	8,71	24,0
Древесина сухая (сосна)	0,58	0,67	0,88	1,00
Доски после распиловки (сосна, ель)	1,67	1,76	1,88	2,10
Доски, окрашенные в темный цвет	0,21	0,25	0,33	0,42
Кровля мягкая (толь, рубероид)	0,54	0,59	0,67	0,84
Черепица красная (оплавленная)	0,84	1,05	1,26	1,67
Стружка, солома, сено, бумага темная	0,12	0,17	0,21	0,25
Ткань вискозная черная	0,04	0,05	0,08	0,09
Ткань хлопчатобумажная коричневая	0,29	0,33	0,42	0,50
Сукно серое, брезент, кожа коричневая	0,62	0,07	0,84	1,26

4. СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ УДАРА

Приведен алгоритм прогнозирования сейсмических эффектов удара о земную поверхность падающего при аварии самолета, реализованный в программе KOSMOS [1, 2]. Результаты моделирования аварийных событий позволяют прогнозировать последствия падения самолета с произвольными исходными данными: по взлетной массе и величине возможного энергозапаса – массы топлива в баках. Действие сеймики на территории проиллюстрировано на примере аварии тяжелого коммерческого самолета.

4.1. Расчет магнитуды и балльности сеймики по параметрам удара

Сейсмическая интенсивность удара самолета (или балльность J) зависит от магнитуды M , связанной с энергией W сейсмического источника и эпицентральной расстоянием $R_{\text{э}}$, убывая от эпицентра к периферии. По ранней магнитудной шкале Рихтера магнитуда определяется как десятичный логарифм амплитуды записи сейсмографом с определенными параметрами на твердом грунте в 100 км от эпицентра. При очень больших магнитудах применяют телескопическую шкалу и унифицированную шкалу Гутенберга [19–21].

Полную энергию очага W , эрг, в функции магнитуды определяют по формуле

$$\lg W = \alpha M + B_1,$$

где для сильных источников $\alpha = 1,5$; $B_1 = 12$ и для слабых $\alpha_1 = 1,8$; $B_1 = 11$ (1 Дж = 10^7 эрг).

Сейсмическую интенсивность на поверхности земли оценивают по 12-балльной шкале MSK-64 Медведева-Шпонхойера-Карника и MMSK-86, усовершенствованной Шебалиным в 1986 г.

Далее приведены результаты расчета магнитуды и балльности сеймики по параметрам удара о грунт падающего самолета.

Энергия удара, создающего сейсмические эффекты Q_0 , равна кинетической энергии в момент контакта за вычетом доли энергии расхода образования кратера

$$Q_0 = 1/2 m_0 V_{\Omega}^2,$$

сейсмический эквивалент магнитуды M эффекта удара

$$M = (\lg Q - B_1) / \alpha_1 \quad (Q = 10^7 \cdot Q_0),$$

где $m_0 = K_S \cdot m$ – расчетная масса падающего объекта;

Q – энергия в эргах;

B_1 и α_1 – константы.

Интенсивность сейсмических сотрясений J на конкретной площадке по 12-балльной шкале определяется в зависимости от магнитуды M , эпицентрального расстояния R_3 , км, глубины энергетического источника h , км, и региональных констант a_3 , b_3 и c_3 (по Н. Шебалину, для России $a_3 = 3$; $b_3 = 1,5$ и $c_3 = 3,5$)

$$J = a_3 + b_3 M - c_3 \lg \sqrt{R_3^2 + h^2} .$$

При падении с высоты h скорость удара V_h равна

$$V_h = V_{\text{ГП}} \sqrt{1 - \exp(-2h g / V_{\text{ГП}}^2)} ,$$

$$V_{\text{ГП}} = \sqrt{2\gamma M_c g / (C_x \rho_B S)} ,$$

где $V_{\text{ГП}}$ – предельная скорость падения с учетом сопротивления воздуха;

g – ускорение свободного падения;

C_x – аэродинамический коэффициент;

ρ_B – плотность воздуха;

S – миделево сечение летящего тела.

При падении с высоты h скорость удара равна

$$V_x = V_{\text{ГП}} \sqrt{1 - \exp(-2h g / V_{\text{ГП}}^2)} = 317 \sqrt{1 - \exp(-2x \cdot 9,81 / 317^2)} .$$

При $x = 6500$ м скорость удара $V_{6,5} = 268,7$ м/с. Максимальная высота полета h_{max} для самолетов данного класса ~ 13 км. При падении с максимальной высоты $x = h_{\text{max}} = 13$ км скорость удара $V_{13} = 304,2$ м/с.

Кинетическая энергия удара

$$G = \frac{1}{2} m V_x^2 .$$

При указанных скоростях кинетическая энергия удара соответственно составит:

$$G_{6,5} = 0,5 \cdot 4,0 \cdot 10^5 \cdot 268,7^2 = 14440 \text{ МДж}, G_{13} = 18507 \text{ МДж}.$$

Напомним, что без учета сопротивления воздуха при падении с высоты h скорость удара $v = \sqrt{2gh}$, то есть при $h \sim 0,5$ $h_{\text{max}} = 6,5$ км скорость удара будет равна $v_{6,5} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6500} = 357$ м/с.

4.2. Расчет сейсмике удара самолета массой 400 тонн

Расчет сейсмике проведен по программе KOSMOS для удара о землю самолета массой 400 тонн с высоты 13 км. Получены следующие результаты: скорость удара 304,2 м/с, кинетическая энергия $1,85 \cdot 10^4$ МДж, магнитуа 3,48. Зависимость сейсмической интенсивности J от расстояния r приведена в табл. 4.1.

Из таблицы следует, что сейсмическая опасность для сооружений характеризуется зоной с радиусом до 3 км с интенсивностью более 7 баллов.

Таблица 4.1

Сейсмический эффект удара самолета о землю

r, км	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
J, балл	9,3	8,2	7,2	6,6	6,1	5,8	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7

Выводы

Рассмотрены возможные сценарии последствий аварийного падения самолета, методы и программные средств оценки параметров поражающих факторов возникновения пожара, детонационного или дефлаграционного взрывов и огненного шара, а также сейсмических эффектов. Выполнено моделирование аварийных вариантов на примере аварии тяжелого коммерческого самолета. Количественные результаты анализа позволяют прогнозировать последствия аварии на контролируемой территории.

Библиографический список

1. Котляревский В.А., Ларионов В.И. Сейсмическая опасность падения астероидов на земную поверхность. // Электронный журнал «Наука и безопасность», март 2012, № 3(3). С. 159–176. URL:<http://www.art-atis.com>.
2. Александров А.А., Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П. Астероидная уязвимость Земли. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение», 2013, № 2(91). С. 56–83.
3. Октябрьский Р.Д. Управление риском в системах жизнеобеспечения городской застройки. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014.
4. Котляревский В.А. Параметры тепловой радиации пожара пролива углеводородов. Программа FIRE. // Безопасность России. Безопасность строительного комплекса. – М.: МГОФ «ЗНАНИЕ», 2012. С. 732–735.

5. Котляревский В.А. Параметры газовых взрывов // Там же. С. 567–573.
6. Котляревский В.А. Объемные взрывы газовых облаков в атмосфере при выбросе топлив. // В.А. Котляревский, В.И. Ларионов, С.П. Сушев. Энциклопедия безопасности. Строительство. Промышленность. Экология. Том 1: Аварийный риск. Взрывные и ударные воздействия. / Под ред. В. А. Котляревского. – М.: НАУКА, 2005. С. 410–489.
7. Котляревский В.А. Прогнозирование последствий аварий на объектах нефтегазодобычи. // Безопасность России. Безопасность строительного комплекса. – М.: МГОФ «Знание», 2012. С. 739–750.
8. Котляревский В.А. Программная поддержка разработки деклараций промышленной безопасности. // Там же. С. 750–765.
9. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. ГОСТ Р 12.3.047-2012.
10. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. // Сб. методик № 1. Госгортехнадзор России. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1999. С. 85–112.
11. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. Сб. документов. Серия 27. Вып.2. Госгортехнадзор России. М.: НТЦ «Промышленная безопасность». 2001.
12. Pietersen C.M. Consequences of accidental releases of hazardous material. // J. Loss Prev. Process Ind., 1990, Vol. 3, January. P. 136–141.
13. Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия. – М.: Мир. 1986.
14. Топлива для реактивных двигателей. ТУ ГОСТ 10227-86 (ИУС 5-6-93). – М.: Стандартиформ, 2008.
15. Brossard J., Leyer J.C., Desbordes D., Saint Clouds J.P., Hendrickx S., Garnier J.L., Lannoy A., Perrot J. Air blast unconfined gaseous detonations. // Prog. Astron. Aeron., 1984. 94. 556.
16. Desbordes D., Manson N., Brossard J. Explosion dans l'air de charges spheriques non confenees de melanges reactifs gazeux. // Acta Astronautica. 1978. 5. 1009.
17. Methods for the determination of possible damage. Green book CPR 16E, 1989.
18. Woolfolk R.W., Ablow C.M. Blast waves from non-ideal explosions. Proc. of conf. on mechanisms of explosion and blast waves. Feltman research laboratory, Picatinny Arsenal. – Dover, 1973, No 1. P. 42.
19. Котляревский В.А., Ларионов В.И., Сушев С.П. Землетрясения. // Энциклопедия безопасности. Строительство, промышленность, экология. Том 3. Сейсмостойкость и теплозащита сооружений. – М.: Изд-во АСВ, 2010. С. 2–24.
20. Мартемьянов А.И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1985.
21. Медведев С. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ НА ПРИБРЕЖНЫЕ ЗДАНИЯ ОТ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН ПОДВОДНЫХ ВЗРЫВОВ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ*

В статьях [1, 2] рассмотрены методы математического моделирования поражающих эффектов воздушных и наземных взрывов космических тел. При подводных взрывах в жидкости возникают ударные волны, рассмотренные в [3, 4]. На поверхности жидкости появление гравитационных волн связано с тем, что жидкость находится в поле силы тяжести. Ветровые волны в условиях шторма являются частным случаем гравитационных волн. В сейсмически активных районах нагрузки на подводные конструкции возникают от движений морского дна и связанных с ним опор конструкций.

Ниже представлен алгоритм моделирования поражающих эффектов волнообразования при подводных взрывах космических тел, позволяющий устанавливать нагрузки гравитационных волн как на бережные сооружения, так и на суда на море, подвижные и стационарные морские платформы для разведки и добычи нефти на континентальном шельфе [5].

Подводный энергетический источник соответствует взрыву космического тела на определенной глубине. Масса космического тела определяется по его плотности и линейному размеру как диаметру сферы. Механический эквивалент энергии взрыва принимается с коэффициентом $\beta < 1$ его кинетической энергии – с учетом потерь на трение в процессе проникания в воду на глубину взрыва, на пульсации газового пузыря, образование «султана», базисной волны и сопутствующие эффекты.

Расчет основан на данных, полученных экспериментально при подводных ядерных взрывах [6]. Основными параметрами поражающего действия водяных гравитационных волн являются высота волны и скоростной напор, изменяющиеся со временем при распространении на континентальном шельфе и далее на бережной территории.

Экспериментальная информация представлена в функции параметров подводного взрыва от глубины Z_1 и эпицентрального расстояния R энергетического источника с тротиловым эквивалентом $W_1 = 1$ кт. Пересчет на иную мощность W взрыва на глубине Z осуществляется с использованием закона подобия

$$\frac{Z}{Z_1} = \left(\frac{W}{W_1} \right)^{1/3}.$$

* *Котляревский В.А. Научно-образовательный центр исследования экстремальных ситуаций Московского государственного технического университета им.Н.Э. Баумана*

Подставив $W_1 = 1$, запишем формулу для параметров S подводного взрыва

$$S = S_1 W_1^{1/3} \text{ и } Z = Z_1 W_1^{1/3} .$$

Высота волны

Для определения высоты волны H использована табуляция (табл. 1) графической зависимости (рис. 1) [6] высоты волны H_1 взрыва $W_1 = 1$ кт от расстояния R на двух глубинах Z_1 :

Таблица 1

Данные по высоте волны H подводного взрыва 1 кт
на двух глубинах

R, км	0	1,6	3,2	4,5	6,4	11,2	16,0	32,0	64,0	100	112	160	300
Глубина взрыва $Z_{1,25} = 25$ м													
H_{1,25}, м	~7	3,5	1,9	1,5	1,0	0,6	0,46	0,25	0,14	0,10	0,05	0	0
Глубина взрыва $Z_{1,120} = 120$ м													
H_{1,120}, м	~20	10,0	5,0	3,5	2,3	1,45	1,0	0,5	0,27	0,15	0,15	0,10	0

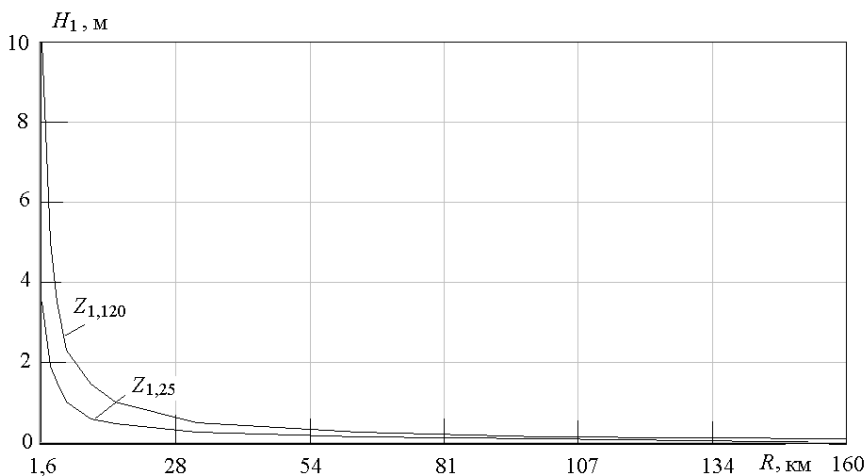


Рис. 1. Зависимость высоты H_1 гравитационной волны подводного взрыва 1 кт от дистанции R на глубинах $Z_{1,25} = 25$ м и $Z_{1,120} = 120$ м

По задаваемому значению R интерполяцией табл. 1 находим значения высоты волн $H_{1,25}$ и $H_{1,120}$ для двух глубин $Z_{1,25} = 25$ м и $Z_{1,120} = 120$ м. Для взрыва W на глубине Z определяется приведенная к 1 кг глубина Z_1

$$Z_1 = Z/\sqrt[3]{W}.$$

Если $Z_{1,25} < Z_1 < Z_{1,120}$, то приведенную высоту волны H_1 определим по формуле

$$H_1 = H_{1,25} + Z_1 \cdot (H_{1,120} - H_{1,25}) / (Z_{1,120} - Z_{1,25}).$$

Высота волны H на эпицентральной расстоянии R подводного взрыва на глубине Z равна

$$H = H_1 \sqrt[3]{W}.$$

Для приведенной глубины взрыва менее $Z_{1,25}$ высота волны определяется интерполяцией верхней строки табл. 1. Для приведенной глубины взрыва более $Z_{1,120}$ высота волны определяется интерполяцией нижней строки табл. 1.

На прибрежной дистанции до величины $R_0 = 0,65$ км высота волны корректируется (по опытным данным взрыва Бэйкер) умножением на коэффициент α при $\alpha_m = 4,403$ и $R_* = 0,841$ км:

$$\alpha = \alpha_m (1 - R/R_*) \quad 0 < R < R_0.$$

Данный алгоритм апробирован сравнением расчета высоты гравитационной волны с экспериментальными данными. Анализ опытных данных подводных взрывов показал, что на образование гравитационной волны расходуется примерно треть полного тротилового эквивалента энергоносителя, и в программе учтен данный коэффициент $\beta = 1/3$. Данными табл. 2 и рис 2 проиллюстрировано согласие расчета высоты гравитационной волны на различных дистанциях от эпицентра с экспериментом подводного взрыва «Бэйкер» [6] мощностью 20 кт на глубине 26 м.

Таблица 2

Сравнение расчета на дистанциях R высоты H гравитационной волны с экспериментом подводного взрыва «Бэйкер» мощностью 20 кт

R, м	300	600	1200	1825	2450	3000	3650
H - Расчет, м	33,8	13,5	8,23	6,16	4,99	3,95	3,38
H - Опыт, м	28,6	14,3	7,3	4,8 5	3,94	3,34	2,7 4

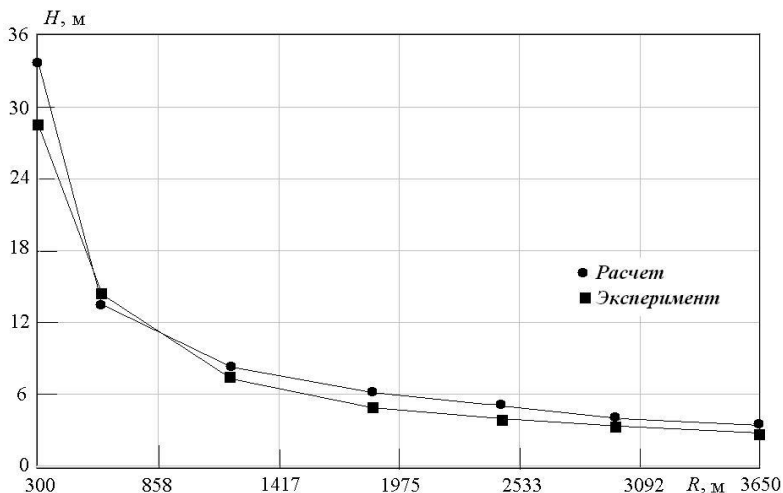


Рис. 2. Сравнение расчета изменения на дистанциях R высоты H гравитационной волны с экспериментом подводного взрыва «Бэйкер» с тротиловым эквивалентом 20 кт

Волновые нагрузки

Лобовая погонная нагрузка N на прибрежные объекты от действия набегающей гравитационной волны равна сумме нагрузок от скоростного напора q и среднего гидростатического давления p с учетом соотношения высот объекта h и волны H , а также коэффициента обтекания объекта C_w

$$N = H (C_w q + p) \quad (h \geq H), \quad N = h (C_w q + p) \quad (h < H) .$$

Скоростной напор в волне определяется по плотности ρ морской воды и массовой скорости волны V

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 .$$

Скорость принимается зависящей от высоты волны обработкой известных опытных данных взрывов 20 кт на глубине 27 м и 100 кт на глубине 100 м. Скорость определялась дифференцированием табличных зависимостей дистанции волны от времени. Обработкой данных установлено, что скорость гравитационной волны слабо зависит от мощности взрыва и при высотах волн до 60 м меняется в пределах 35-20 м (табл. 3). В расчете скорость вычисляется линейной интерполяцией данной таблицы.

Таблица 3

Зависимость скорости V гравитационной волны от высоты H

$H, \text{ м}$	54	32	29	14	7,3	4,85	3,94	3,34	2,74	0,1
$V, \text{ м/с}$	35	28	26	24,3	23,8	23,6	22,2	22,1	22,0	20,0

Давление p в формулах для погонной нагрузки равно

$$p = \frac{1}{2} \rho g H \quad (h \geq H), \quad p = \frac{1}{2} \rho g H (2 - h/H) \quad (h < H),$$

где g – ускорение свободного падения.

Программа «ШЕЛЬФ». Нагрузки на прибрежные здания

Алгоритм расчета реализован в программе «ШЕЛЬФ». Для примера представлены результаты расчета параметров гравитационных волн на береговой линии при различных эпицентральных дистанциях подводного взрыва на глубине 50 м космического тела диаметром 17 м плотностью 3000 кг/м³ при скорости удара 18 км/с. Глубина моря 200 м, плотность воды 1200 кг/м³. Расчет полной лобовой силы проведен для зданий высотой 18 м с коэффициентом $C_w = 1$. Тротильовый эквивалент взрыва 295 кт.

В табл. 4 на дистанциях R взрыва от берега приведены значения параметров гравитационной волны на береговой линии: высоты волны H , отношения высот здания и волны h/H , скорости волны V , скоростного напора q , погонных нагрузок на здание – гидростатической N_s , гидродинамической N_D и суммарной N_{sum} .

Таблица 4

Нагрузки на здания гравитационных волн подводного взрыва космического тела с тротильовым эквивалентом 295 кт на глубине 50 м

$R, \text{ км}$	$H, \text{ м}$	h/H	$V, \text{ м/с}$	$q, \text{ МПа}$	Погонные нагрузки на здания, МН/м		
					N_s	N_D	N_{sum}
0,5	48,7	0,37	33,3	0,665	8,41	12,0	20,4
2	14,3	1,26	24,3	0,355	1,21	5,08	6,29
5	6,43	2,80	23,7	0,338	0,24	2,17	2,42
10	3,23	5,57	22,1	0,293	0,06	0,95	1,01
50	0,87	20,7	20,6	0,254	0,01	0,22	0,23

Выводы

Приведенный алгоритм определения параметров гравитационных волн подводных взрывов опасных космических тел может быть применен для прогнозирования поражающих нагрузок на прибрежные строения.

Библиографический список

1. Котляревский В.А., Ларионов В.И. Сейсмическая опасность падения астероидов на земную поверхность. // Электронный ресурс: Наука и безопасность, №3(3), март 2012, с.159-176. URL:<http://www.art-atis.com>.
2. Александров А.А., Котляревский В.А., Ларионов В.И., Сушев С.П. Астероидная уязвимость Земли. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Серия «Машиностроение», 2013, №2(91). С. 56-83.
3. Cole R.H. Underwater explosions. Princeton, – New Jersey, 1948. Пер. с англ. Коул Р. Подводные взрывы. – М.: ИЛ. 1950.
4. Замышляев Б.В., Яковлев Ю.С. Динамические нагрузки при подводном взрыве. – Л.: Судостроение, 1969.
5. Котляревский В.А. Морские волны и нагрузки на подводные конструкции // Энциклопедия безопасности. Строительство, промышленность, экология. Том 1. Аварийный риск. Взрывные и ударные воздействия – М.: НАУКА, 2005. С. 643–668.
6. Действие ядерного оружия. – М.: Воениздат, 1963.

РАССМОТРЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА*

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].

* *Нахтигаль Е. Университет г.Вупперталь, Германия*

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 обратиться 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.

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 определяют 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 статичными, динамичными и синтетическими свойствами позволит понимать эту систему и учитывать её в общей системе комплексной безопасности.

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. Тарасенко 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, СВГ. Электронный ресурс: <http://www.cbgnnews.ru/ekspluatatsiya/stati/gomeostat-zdaniy-i-sooruzhenij.html>.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

Юг России в составе двух федеральных округов – Южного и Северо-Кавказского – занимает всего 3,45% (589,2 тыс. км²) территории Российской Федерации. Однако, здесь проживает 16,4% населения России (23,0 млн. человек).

Средне многолетние водные ресурсы юга России (ЮФО и СКФО) составляют 309,1 км³/год ($h_{cp}=524,6$ мм), однако они отличаются большой изменчивостью во времени: для наиболее сухого года – $h_{min}=347,1$ мм, а для наиболее влажного года – $h_{max}=692,6$ мм.

Водные ресурсы на юге России распределены крайне неравномерно по территории. Так в Республике Калмыкия (площадь территории 76,1 тыс. км²) они составляют всего $h_{cp} = 14,5$ мм, в Ставропольском крае (площадь территории 66,5 тыс. км²) – $h_{cp} = 82,7$ мм, в то время как в Республике Северная Осетия – Алания (площадь территории 8,0 тыс. км²) – $h_{cp} = 1000$ мм.

* *Волосухин В.А., Бондаренко В.Л. Институт безопасности гидротехнических сооружений, г.Новочеркасск, Ростовская область, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п.Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область*

Неравномерность распределения водных ресурсов на юге России потребовала строительство значительного количества обводнительно-оросительных систем¹ (Донской, Кубань-Егорлыкской, Кубань-Калаусской и др.), водозаборов, водохранилищ комплексного регулирования, гидротехнических туннелей, дюкеров, акведуков и т.д.

Насыщенность гидротехническими сооружениями на юге России самая высокая в РФ на единицу площади. По данным территориальных управлений Ростехнадзора на 10 января 2014 г. в Южном и Северо-кавказском федеральных округах расположено 33,6% (10709) потенциально опасных ГТС, на которых возможны чрезвычайные ситуации от имеющихся в РФ (31034 ГТС) водохозяйственного комплекса России. Для сравнения на территории Центрального федерального округа расположено 31,4% (9730) потенциально опасных ГТС, Поволжского – 28,5% (8844).

В четырех федеральных округах (Северо-Западном, Уральском, Сибирском и Дальневосточном), занимающих 86,7% (14 797,5 тыс. км²) территории РФ, расположено всего 2027 потенциально опасных ГТС водохозяйственного комплекса. Плотность расположения потенциально опасных ГТС водохозяйственного комплекса на юге России (ЮФО и СКФО) в 133 раза выше, чем в выше отмеченных четырех федеральных округах (СЗФО, УФО, СФО, ДФО).

Дефицит водных ресурсов на юге России ведет к высокому водопотреблению – от 1100 м³/чел. год до 1300 м³/чел. год (в зависимости от влажности года), однако оно значительно ниже, чем среднегодовые показатели водопотребления в таких государствах как США – 1629,8 м³/чел. год, Пакистан – 1455,6 м³/чел. год, Иран – 1376,5 м³/чел. год.

В государствах, где используются высокоэкономичные технологии водораспределения среднегодовое водопотребление значительно ниже (Германия – 388,2 м³/чел. год, Россия в среднем – 522,9 м³/чел. год, Франция – 527,6 м³/чел. год, Италия – 689 м³/чел. год).

Отличительной особенностью России нынешнего периода (начала XXI века) является высокий уровень бесхозяйных ГТС. На начало 2014 г. потенциально опасных бесхозяйных ГТС в РФ насчитывается 6092, в том числе 929 с неудовлетворительным уровнем безопасности. На юге России (ЮФО и СКФО) органами надзора (Ростехнадзора) зафиксировано 1091 потенциально опасное бесхозяйное ГТС.

К основным факторам, определяющим безопасность ГТС водохозяйственного назначения (подавляющее большинство из них (97 %) ГТС IV класса – это низконапорные гидроузлы ($H < 10$ м)), относятся:

¹ Во II половине XX века обводнительно-оросительные системы стали именоваться по названию магистральных каналов: Донской магистральный канал, Большой Ставропольский канала, Невинномысский канал и т.д.

- отсутствие на большинстве ГТС IV класса проектной документации, правил эксплуатации ГТС, критериев безопасности ГТС и т.д.;
- отсутствие или низкий уровень эксплуатационного персонала ГТС;
- отсутствие запасов строительных материалов, техники и людских ресурсов для ликвидации и локализации ситуаций на ГТС;
- отсутствие мониторинга безопасности ГТС на низконапорных гидроузлах;
- отсутствие современных геоинформационной системы с использованием спутниковых технологий сбора, обобщения информации и обеспечения безопасности ГТС.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2012 г.». – М.: НИИ-Природа, 2013. – 380 с.
2. Волосухин, В.А. Сборник нормативно-методических документов, применяемых при декларировании безопасности гидротехнических сооружений. В 4 томах / В.А. Волосухин, Д.И. Фролов, О.М. Щурский, В.И. Пименов, А.В. Хныкин, С.П. Земцов, Я.В. Волосухин /Под ред. проф. В.А. Волосухина. – Новочеркасск: ЛИК, 2013 – Том 1 – 634 с.; Том 2 – 634 с.; Том 3 – 624 с.; Том 4 – 618 с.
3. Волосухин, В.А., Фролов, Д.И. Федеральному закону № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» - 15 лет. – Новочеркасск: Лик, 2012. – 36 с.

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА И ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

Строительная отрасль, как и любая другая отрасль промышленности, характеризуется наличием аварийных ситуаций. Статистика показывает, что примерно в 80% случаев строительных аварий с обрушением несущих конструкций объекта происходит в результате человеческих ошибок, допущенных при проектировании, возведении и эксплуатации зданий и сооружений. Эти ошибки формируют внутренний (объектный) риск аварии, от величины которого зависит не только срок службы (ресурс) объекта, но и размер ущерба в случае его аварии.

* *Пермяков М.Б., Пермякова А.М. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

Задача оценки остаточного ресурса конструкций здания, в том числе после воздействия на них особых (например, сейсмических) нагрузок, является в настоящее время одной из злободневных задач в сфере обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений, требующих своего разрешения в целях осуществления прогнозирования во времени величины этого ресурса вплоть до исчерпания зданием (сооружением) потребительной ценности.

В настоящей работе мы предлагаем разработанную методику, которая содержит принципиальные положения методологии определения остаточного ресурса, устанавливает требования по определению прогнозируемого ресурса зданий. Методика предназначена для применения при диагностировании и определении технического состояния и прогнозируемого ресурса объектов, выработавших ресурс, установленный проектом, нормативной документацией, а также после аварий и восстановительных ремонтов.

В качестве базовой концепции для расчета остаточного ресурса зданий предлагается подход, основанный на принципе «безопасной эксплуатации по техническому состоянию». Согласно данному подходу оценка технического состояния объекта осуществляется по параметрам технического состояния, обеспечивающим его надежную и безопасную эксплуатацию согласно нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, а остаточный ресурс – по определяющим параметрам технического состояния. В качестве последних принимаются параметры, изменение которых (в отдельности или в некоторой совокупности) может привести объект в неработоспособное или предельное состояние.

В зависимости от критериев предельного состояния и условий эксплуатации объекта параметрами его технического состояния служат:

- характеристики материалов (механические характеристики – предел текучести, предел прочности, твердость, трещиностойкость, пределы выносливости, длительной прочности, ползучести, химический состав, характеристики микроструктуры и т.д.);
- коэффициенты запасов прочности (по пределам текучести, прочности, длительной прочности, ползучести, трещиностойкости, устойчивости, по числу циклов или напряжениям при расчетах на циклическую прочность);
- технологические показатели (температура, параметры вибрации, режимы работы и т.д.).

Оценка параметров технического состояния и выбор критериев осуществляется по результатам анализа технической документации, данных оперативной (функциональной) диагностики, экспертного обследования.

Прогнозирование остаточного ресурса или установление назначенного ресурса осуществляется согласно закономерностям изменения опре-

деляющих параметров, полученным при анализе механизмов развития повреждений и (или) по результатам измерения функциональных показателей. На основании полученных оценок принимается одно из решений:

- продолжение эксплуатации на установленных параметрах;
- продолжение эксплуатации с ограничением параметров;
- ремонт;
- доработка (реконструкция);
- использование по иному назначению;
- вывод из эксплуатации.

Основные этапы определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов показаны на структурной схеме на рис. 1.

Аналізу технической документации подлежат:

- нормативно-техническая, конструкторская (проектная) и эксплуатационная, в том числе монтажная и ремонтная, документация;
- техническая документация и научно-техническая информация по отказам и повреждениям по парку объектов и аналогичному оборудованию.

При анализе технической документации рассматриваются:

- Паспорт на здание и (или) сооружение;
- Комплект общестроительных чертежей с указанием всех изменений, внесенных при производстве работ, и отметок о согласовании этих изменений с проектной организацией, разработавшей проект;
- Акты приемки здания (сооружения) в эксплуатацию с указанием недоделок, акты устранения недоделок;
- Акты приемочных испытаний, проведенных в процессе эксплуатации;
- Технический журнал по эксплуатации здания (сооружения);
- Акты на скрытые работы и акты промежуточной приемки отдельных ответственных конструкций;
- Журналы производства работ и авторского надзора;
- Материалы геодезических съемок;
- Журналы контроля качества работ;
- Сертификаты, технические паспорта, удостоверяющие качество конструкций и материалов;
- Акты противокоррозионных и окрасочных работ;
- Акты результатов периодических осмотров конструкций;
- Акты расследования аварий и нарушений технологических процессов, влияющих на условия эксплуатации здания (сооружения);
- Отчеты, документы и заключения специализированных организаций о ранее выполненных обследованиях;
- Установленные нормативные сроки эксплуатации;
- Документы о текущих и капитальных ремонтах, усилениях конструкций;
- Документы, характеризующие фактические технологические нагрузки и воздействия и их изменения в процессе эксплуатации;

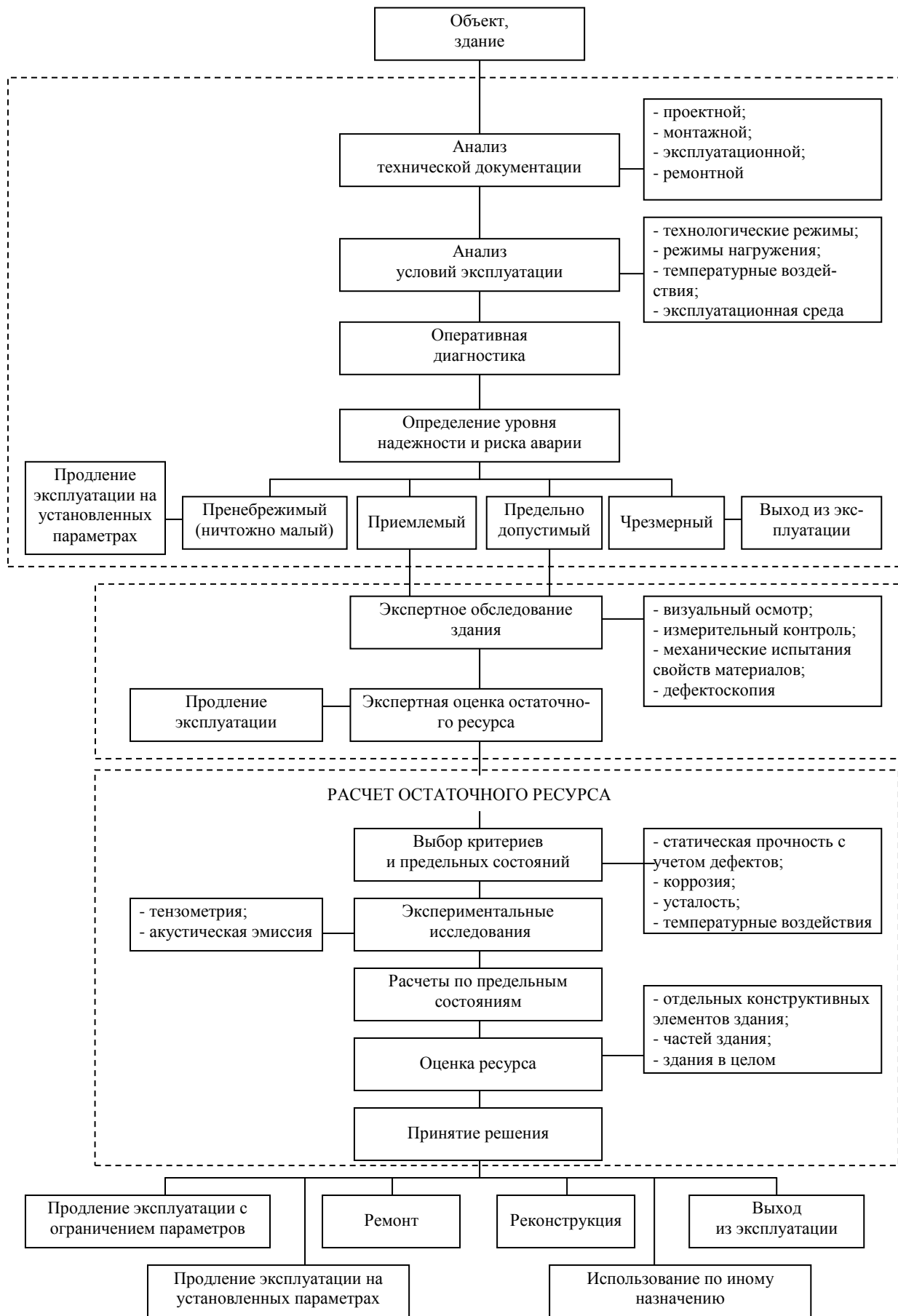


Рис. 1. Структурная схема определения остаточного ресурса зданий

Предотвращение аварий зданий и сооружений

- Документы, характеризующие фактические параметры внутри цеховой среды (состав и концентрация газов, влажность, температура, тепло- и пылевыведение и т.д.);
- Технологические регламенты и другую документацию;
- Отчеты по инженерно-геологическим условиям территории, на которой расположено здание (сооружение);
- Декларацию промышленной безопасности опасного производственного объекта (в установленных законодательством Российской Федерации случаях).

При анализе условий эксплуатации рассматриваются: технологические режимы;

- режимы нагружений;
- температурные воздействия;
- эксплуатационная среда;
- факторы, влияющие на безопасную эксплуатацию (факторы риска аварий).

К факторам риска аварий относятся:

- близкое расположение других опасных производственных объектов;
- близко расположенные подземные коммуникации, магистральных газопроводов и линий электропередач;
- близко расположенные железнодорожные станции (пути), автомобильные дороги, аэродромы;
- территориальные, инженерно-геологические и климатические факторы.

Цель оперативной диагностики – получение данных о техническом состоянии обследуемого объекта. При оперативной диагностике проводится:

- ранжирование элементов здания на группы конструкций;
- проведение обследования конструкций, с оценкой состояния конструкций.

Основными группами элементов конструкций металлических каркасов одноэтажных промышленных зданий являются:

- Колонны (постоянного по высоте сечения, переменного по высоте сечения (ступенчатые), отдельные – в виде двух стоек, жестко связанных между собой);
- Несущие элементы покрытия (стропильные и подстропильные фермы, фермы фонарей, прогоны);
- Подкрановые конструкции (подкрановые балки (фермы), тормозные балки или фермы)
- Связи (связи между колоннами, связи по покрытию).

Результатом диагностики является дефектная ведомость с указанием технического состояния конструкций.

Цель экспертного обследования – получение информации о реальном техническом состоянии объекта, наличии в нем повреждений, выявление причин и механизмов их возникновения и развития.

Экспертное обследование здания включает в себя:

1. Обследование конструкций:

1.1 определение фактических размеров сечений конструкций и соединений, их пространственное положение;

1.2 проверку соответствия конструкций проектной документации, фактической геометрической неизменяемости, выявление отклонений, дефектов и повреждений элементов и узлов конструкций с составлением ведомостей дефектов и повреждений;

1.3 уточнение фактических и прогнозируемых нагрузок и воздействий;

1.4 установление фактических физико-механических свойств материалов конструкций;

1.5 проверку фундаментов, деформаций каркаса здания и несущей способности грунта при выявлении осадок фундаментов.

2. Проверочный расчет, при этом необходимо выполнить следующие работы:

- выбрать расчетную схему конструкций с учетом выявленных при обследовании отклонений, дефектов и повреждений, фактических нагрузок и свойств материалов конструкций;
- проверить несущую способность элементов, узлов и соединений. Выявить те из них, которые не удовлетворяют условиям прочности, жесткости и устойчивости.

По результатам проведенного экспертного обследования определяется техническое состояние конструкций и выполняется экспертная оценка остаточного ресурса.

Экспертная оценка основывается на:

- анализе технической и эксплуатационной документации;
- анализе условий эксплуатации;
- результатах полученных данных визуально измерительного контроля, инструментального контроля, неразрушающих испытаний, определения пространственного положения конструкций;
- результатов проверочного расчета.

Техническое состояние конструкций подразделяется на пять уровней: исправное; работоспособное; ограниченно работоспособное; недопустимое и аварийное.

На основании анализа полученных результатов и опыта эксплуатации принимается решение о продлении эксплуатации здания с назначением остаточного ресурса, либо о необходимости проведения расчета остаточного ресурса. Остаточный ресурс объекта необходимо устанавли-

вать на основе совокупности имеющейся информации прогнозированием его технического состояния по определяющим параметрам до достижения предельного состояния.

Во время прогнозирования величины остаточного ресурса должно быть обеспечено выполнение (одновременное) следующих условий:

- известны параметры технического состояния здания;
- известны определяющие параметры технического состояния, изменяющиеся соответственно выявленному механизму повреждения элементов объекта;
- назначены критерии предельных состояний объекта, достижение которых возможно при развитии выявленных повреждений.

Критериями расчета остаточного ресурса зданий с металлическими каркасами являются:

- физический износ;
- статическая прочность с учетом дефектов и температурного воздействия;
- коррозия;
- усталость.

Расчет остаточного ресурса может выполняться как по одному, так и по нескольким критериям. В общем случае выбор метода расчета остаточного ресурса по тому или иному критерию должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиями точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта и риска его дальнейшей эксплуатации. Для более точного расчета остаточного ресурса при необходимости могут проводиться экспериментальные исследования конструкций, а именно: тензометрия и (или) акустическая эмиссия.

Расчеты остаточного ресурса по критериям предельных состояний проводятся по следующим методам:

- в зависимости от физического износа;
- по коррозионному износу конструкций;
- по статической прочности;
- по циклической работоспособности (усталости).

По результатам расчетов остаточного ресурса делается оценка ресурса отдельных конструктивных элементов здания, частей здания, либо здания в целом. При расчете остаточного ресурса по нескольким критериям ресурс назначается по минимальному значению. На основании данных по оценке технического состояния объекта и остаточного ресурса принимается обоснованное решение о возможности дальнейшей эксплуатации объекта в соответствии с остаточным или назначенным ресурсом или его ремонте, снижении рабочих параметров, использованию по иному назначению или выводу из эксплуатации.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
4. Permyakov M.B. DESIGN PROCEDURE OF THE RESIDUAL RESOURCE OF BUILDINGS ON DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS / Архитектура. Строительство. Образование : материалы Международной науч.-практ. конф 21-23 марта 2012 года // Под общ. ред. М.Б. Пермякова, Э.П. Чернышовой. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2012. – 236 с. – С.169-175.

ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 10 ЛЕТ*

В июле 2013 года исполнилось десять лет со дня вступления в силу Федерального закона №184-ФЗ «О техническом регулировании», и уже можно подвести итоги десятилетней работы по внедрению его в жизнь на примере строительной отрасли. Со дня принятия в закон девять раз вносились изменения.

Федеральный закон «О техническом регулировании» вносит принципиальные изменения в существующую систему технического регулирования в строительстве.

Закон предусматривает, что все обязательные требования к продукции и услугам устанавливаются только техническими регламентами, которые определяются федеральными законами и постановлениями Правительства РФ. Технические регламенты должны содержать минимальные требования для обеспечения безопасности продукции (услуг), поэтому сфера применения обязательных требований сводится к минимуму [1].

Согласно новому законодательству (с изменениями на текущий период) существуют два вида технических регламентов: общие технические регламенты и специальные технические регламенты. Общий техни-

* *Пермяков М.Б. Институт строительства, архитектуры и искусства
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

ческий регламент строительства содержит требования, обязательные для применения и соблюдения в отношении любых видов выпускаемой продукции, процессов (методов) производства, эксплуатации и утилизации, и принимается по вопросам:

- безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования;
- безопасной эксплуатации зданий и сооружений;
- гидрометеорологической безопасности;
- пожарной безопасности;
- санитарно-эпидемиологической безопасности;
- электрической безопасности;
- экологической безопасности;
- промышленной безопасности [1].

Специальный технический регламент содержит требования, учитывающие технологические и иные особенности отдельных видов деятельности или продукции.

Предусматривался 7-летний переходный период к новым техническим регламентам.

Нужен ли данный закон? Однозначно он был и остается необходимым с точки зрения введения новой нормативной базы. До сих пор строители используют нормативную базу 70-80-х годов.

Своевременно ли был принят закон? С моей точки зрения он должен был быть принят уже давно. На тот период времени (2003 г.) Россия как самостоятельное государство уже существовала 12 лет. В то же время в строительстве продолжала использоваться нормативная документация СССР.

Принятым законом предусматривался 7-летний переходный период к новым техническим регламентам. То есть к 2010 году планировалось перейти на принципиально новую нормативную базу.

Что же происходило за десять лет на самом деле?

Сразу после принятия закона, но до вступления его в законную силу (1-е полугодие 2003 г.) различными государственными структурами было введено в действие большое количество нормативных документов – ПБ, РД, СНИП, СП и др. Сделано это было сознательно, чтобы не разрабатывать регламенты, а использовать принятые документы.

Первоначально предполагалось уже к 2005 году отменить все существующие нормативные документы в строительстве и ввести новые технические регламенты. Затем срок был перенесен на 2008 год, потом на 2010 год.

В итоге за 10 лет в области строительства были приняты несколько ГОСТ Р и два регламента – Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (2008 г.) и Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (2009 г.). Всю остальную нормативную документа-

цию в строительстве было решено актуализировать до выхода соответствующих технических регламентов.

Таким образом, на сегодняшний день государство не в полной мере обеспечивает безопасность в строительстве путем введения соответствующих новых технических регламентов. В то же время Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) за пятилетний срок саморегулирования издало большое количество рекомендованных к применению документов, которые могли бы лечь в основу новых нормативных документов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании». – КонсультантПлюс. – Электронный ресурс: www.consultant.ru/popular/techreg/.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАВЕС МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»*

Предотвращение притока воды в строительные котлованы, уменьшение фильтрационных потерь воды из котлованов и других водоемов, охрана окружающей среды от загрязнения сточными водами вызывают необходимость постоянного совершенствования технологии устройства противофильтрационной завесы (ПФЗ).

Способ «стена в грунте» является особым видом возведения подземных сооружений, применяемых в строительстве различных зданий и сооружений.

Проектирование противофильтрационных завес, устраиваемых способом «стена в грунте», допускается для сооружений и зданий, возводимых на площадках с любыми геологическими и гидрогеологическими условиями, за исключением площадок с геологически неустойчивыми условиями (карст, оползни и т.п.), так же когда основания сложены круп-

* * *Пермяков М.Б., Пермякова А.М. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

нообломочными грунтами с незаполненными пустотами между зернами грунта либо сложены илами текучей консистенции.

Противофильтрационные завесы, устраиваемые способом «стена в грунте», наиболее рационально предусматривать для строительства:

- в сложных гидрогеологических условиях и при высоком уровне грунтовых вод, причем наиболее эффективно в водонасыщенных грунтах при возможности заглубления стены в водоупорный слой;
- подземных помещений и ограждений котлованов в городских условиях вблизи существующих зданий, сооружений, коммуникаций, а также подземных сооружений на территории бульваров, скверов, широких улиц и т.д.;
- на свободных территориях при необходимости ограждения больших котлованов.

Технологический процесс сооружения ПФЗ способом «стена в грунте» состоит из двух этапов:

1. Разработка полости (скважины, блока, траншеи);
2. Заполнение разработанной полости материалом завесы.

Строительство способом «стена в грунте» ведется у нас в стране и за рубежом, начиная с середины 50-х годов XX века. Из-за отсутствия надежной и высокоэффективной техники развитие этого способа сдерживалось. И только с появлением специального оборудования (начало 70-х годов XX века) данный способ получил широкое распространение.

Выбор оборудования для сооружения ПФЗ определяется геологическими условиями строительной площадки, объемом строительных работ, назначением завесы и экономическими расчетами.

Для устройства траншейных завес, как и несущих стен, применяется оборудование циклического и непрерывного действия (рис. 1). Траншеи обычно имеют ширину 500-1000 мм.

При устройстве ПФЗ для защиты окружающей среды, ограждения котлованов от притока грунтовых вод, для уменьшения фильтрации воды из каналов, водоемов и целого ряда других сооружений эта величина, как правило, превышает расчетные величины толщины завес, что приводит к значительному перерасходу материалов и удорожанию строительства.

В этой связи становятся актуальными работы, имеющие своей целью создание тонких (0,15-0,25 м) завес из различного рода противофильтрационных материалов. В настоящее время на стройках нашей страны и за рубежом для устройства тонких ПФЗ находят применение оборудование, в основу работы которого положены следующие принципы действия:

- ударный;
- вибрационный;
- режущий;
- водовоздушный.

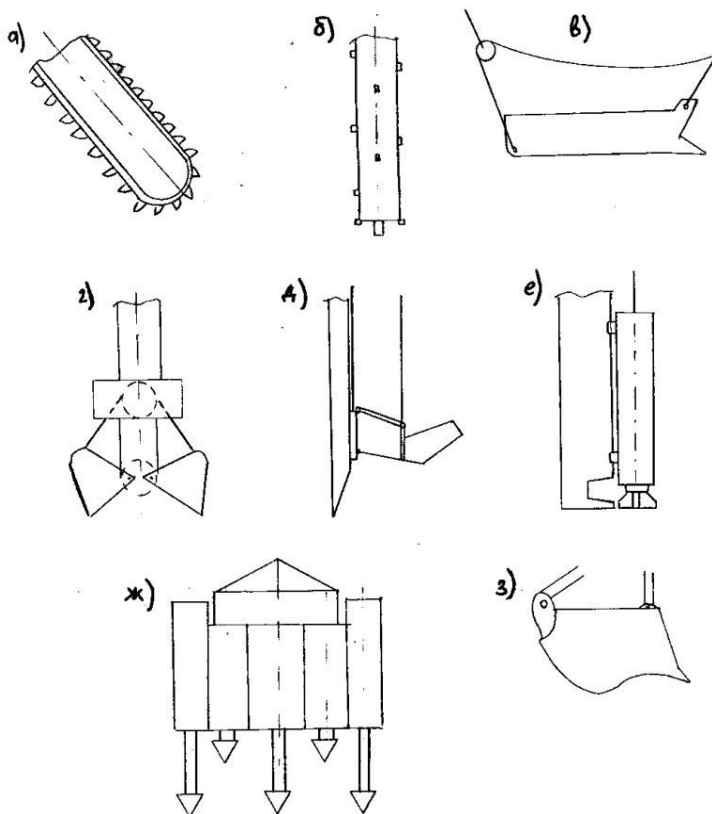


Рис. 1. Оборудование, применяемое для разработки траншей:
 а – многоковшовый траншейный экскаватор; б – гидромеханический
 траншеескопатель; в – траншейный драглайн; г – штанговый
 двухканатный грейфер; д – штанговый траншеескопатель; е – установка СВД-500;
 ж – многошпindleная буровая установка «Тоун Боуринг»;
 з – обратная механическая лопата

Способы устройства ПФЗ из твердеющих заполнителей отличается от завес с использованием нетвердеющих материалов тем, что перед укладкой заполнителя в траншею её разделяют на секции или проходят методом чередующихся блоков. Это даёт возможность герметично отделить зону проходки от зоны заполнения и таким образом исключить влияние вяжущих веществ на глинистый раствор в траншее. Попадание вяжущего вещества в среду глинистого раствора вызывает его загустевание, после

чего использование глинистого раствора, как средство промывки и гидро-транспорта выбуриваемого грунта становится невозможным.

При заполнении твердеющим материалом непрерывной траншеи (не разделённой на секции) возникают затруднения, связанные с перерывами в укладке заполнителя. В этом случае можно не обеспечить надёжный водонепроницаемый шов между уложенным и укладываемым материалом. Таким образом, заполнение твердеющим материалом становится практически невозможно.

По технологии сооружения ПФЗ из твердеющего материала, можно разделить на три основных типа, отличающихся способом секционирования.

1. Завесы из взаимно пересекающихся в плане свай.
2. Завесы, устраиваемые в непрерывной траншее, разделенной на секции с помощью инвентарных шаблонов.
3. Завесы, устраиваемые методом чередующихся блоков.

Технология устройства противофильтрационных завес из пересекающихся набивных свай состоит в следующем: установкой забурируется скважина диаметром 0,6-1,0 м, которая затем бетонируется. В результате образуется набивная свая. Аналогичным образом устраивается вторая набивная свая. Расстояние между центрами этих свай принимается менее двух их диаметров. После этого между сваями первой очереди выполняются замыкающие сваи второй очереди. При бурении скважины под замыкающую сваю часть свай первой очереди срезается и в результате получается фрагмент стенки из взаимно перекрывающихся друг друга бетонных свай.

Теоретически глубина завес из бетонных свай не ограничена, хотя при увеличении глубины сваи усложняется производство работ, что вызывает опасение за качество сопряжения между сваями из твердеющего материала на большой глубине. ПФЗ из пересекающихся свай обладает рядом недостатков. Это выражается в наличии большого числа вертикальных швов между сваями в месте взаимного пересечения свай. Бетоносвайные завесы не имеют постоянной толщины, что в сочетании с потерей бетона при разбурировании свай первой очереди ведёт к излишнему расходу материалов и повышению стоимости завесы в целом.

Устройства противофильтрационных завес методом чередующихся блоков предпочтительнее на небольших глубинах (до 20-30 м) и в однородных грунтах. Сущность технологии этого метода состоит в разработке и заполнении отдельных участков траншеи, между которыми остается грунтовая перемычка, разрабатываемая в последующем для сращивания затвердевших участков первой очереди.

Определенную трудность составляет зачистка бетона по всей линии контакта соединяемых между собой блоков.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Метод устройства противофильтрационных завес в непрерывной траншее, разделённой на секции с помощью инвентарных шаблонов, по сравнению с пересекающимися в плане сваями, заметно сокращает число вертикальных швов, уменьшает расход бетона, обеспечивает постоянную ширину стены.

Устройство ПФЗ этим методом может вестись при помощи оставляемых в завесе стационарных ограничителей и путем использования в качестве ограничителей секций стальных извлекаемых труб (рис. 2).

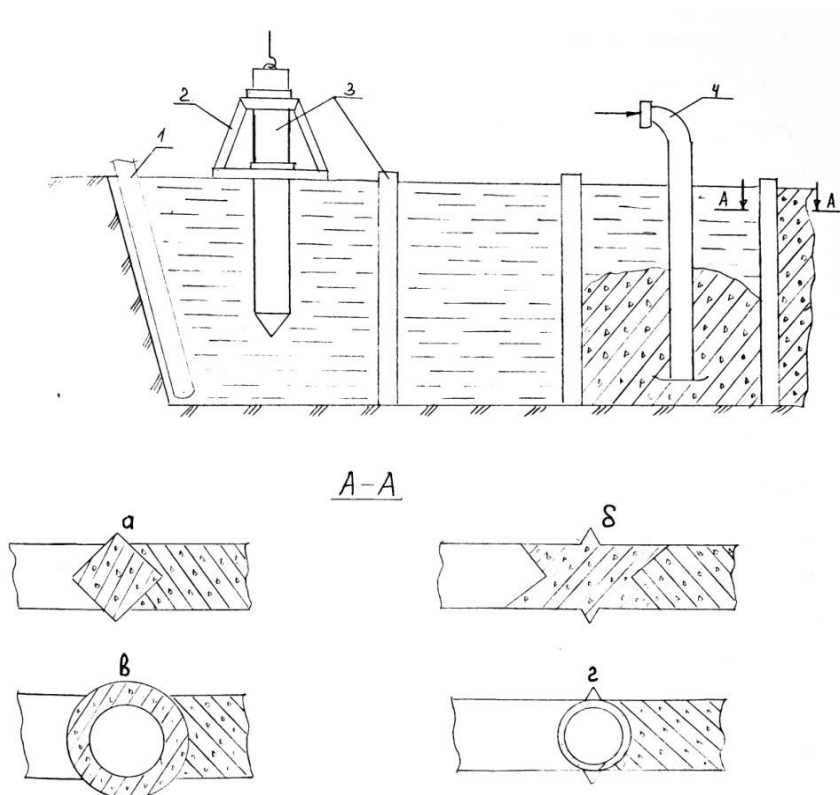


Рис. 2. Схема устройства завесы в непрерывной траншее, разделённой на секции с помощью стационарных ограничителей:

- 1 – рабочий орган; 2 – кондуктор;
- 3 – разделительный элемент; 4 – бетоновод;
- а; б; в; г – варианты попеременного сечения разделительных элементов и их контакты с грунтом

Недостаток всех трёх методов сооружения противофильтрационных завес является наличие большого числа вертикальных швов между сваями, секциями (захватками), через которые идёт фильтрация воды, что приводит к снижению эксплуатационных качеств и долговечности ПФЗ.

Недостатком шва (стыка) является недостаточная плотность по причине:

- наличия глинистой плёнки между старым и новым бетоном;
- плохого качества бетона в местах сопряжения трубы из-за утечки цементного молока, в результате чего образуются каверны.

Для улучшения качества стыка прибегают к дополнительным мерам по омоноличиванию стыка путём перебуривания всухую и инъектирования твердеющими смесями.

Особенности заполнения траншей при устройстве завес способом «стена в грунте» является то, что противофильтрационный материал приходится укладывать под глинистым раствором.

Способ заполнения полости твердеющим заполнителем отличается от методов с применением нетвердеющего заполнителя тем, что перед укладкой твердеющего материала в траншею её разделяют на секции или проходят методом чередующихся блоков.

Укладка твердеющего заполнителя восходящим потоком осуществляется двумя способами:

- способ вертикально перемещающейся трубы (ВПТ);
- способ восходящего раствора (ВР).

По известным технологиям укладки твердеющего заполнителя в траншею под слоем глинистого раствора (способ «стена в грунте») осуществляется прерывно. Противофильтрационные завесы при этом имеют много «стыковых швов», так как сцепление между смесью на стыках в условиях вытеснения глинистой суспензии практически не происходит, что ухудшает противофильтрационные свойства стенки в целом.

Кроме того, при подъёме ограничителя неизбежны затруднения, возникающие в результате её сцепления с камнем. Этих недостатков можно избежать, изменив технологию укладки и используя при этом твердеющие смеси с нормированным сроком схватывания.

По предлагаемой технологии заполнение траншеи производится так же, как и при устройстве завес в непрерывной траншее, разделённой на секции с помощью инвентарных шаблонов, но готовыми к работе являются две смежные секции (захватки), которые заполняются поочередно без перерыва (рис. 3).

Обычно длина участка составляет 3-5 м, для того чтобы достичь равномерной укладки бетонной смеси. Начало схватывания заполнителя подбирается таким, чтобы оно не наступало ранее, чем после заполнения второй секции. В этом случае используются три трубы-ограничителя. За-

Предотвращение аварий зданий и сооружений

полнение траншеи твердеющей смесью производится следующим образом: специальным съёмным ограничителем (труба 1) отгораживается небольшой по длине участок и заполняется смесью 2, подаваемой по трубе 3 под глинистую суспензию 4. В этот же период с помощью второго ограничителя готовится соседний участок, к заполнению которого приступают после заполнения первого.

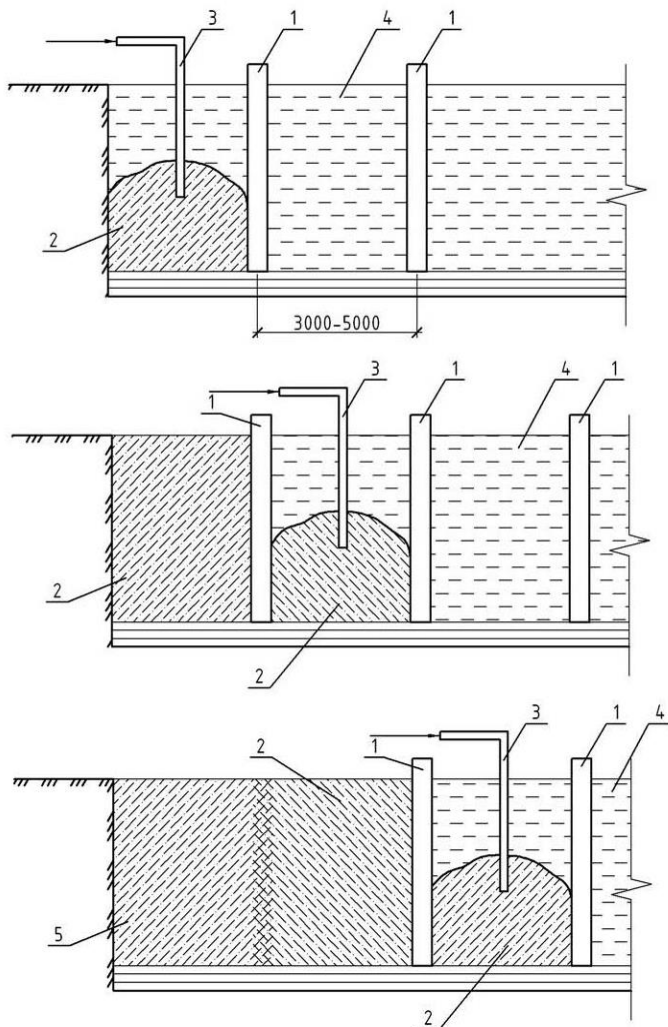


Рис. 3. Заполнение полости траншеи твердеющим заполнителем по предлагаемой технологии

Широкая возможность управления процессом схватывания цементных смесей всегда позволит поднять ограничитель, когда схватывание на смежных захватках ещё не наступило. В результате несхватившаяся смесь «на стыках» перемешивается, и стена становится монолитной, а ограничитель будет выниматься без осложнений. Вынутый ограничитель отделяет следующую секцию, которая заполняется после предыдущей. Таким образом непрерывно заполняется вся траншея.

Вывод: Применение предлагаемой технологии даёт возможность:

- 1) непрерывно сооружать противofильтрационную завесу;
- 2) улучшить противofильтрационные свойства завесы;
- 3) облегчить подъём ограничителя-трубы.

Библиографический список

1. СТП 014-2001. Конструкция и технология сооружения траншейных стен в грунте для объектов транспортного строительства. – М., 2001.
2. Колесников В.С., Стрельникова В.В. Возведение подземных сооружений методом «стена в грунте», технология и средства механизации: Учебное пособие. – М.: ВГУ, 1999.
3. Смородинов М.И., Федоров Б.С. Устройство сооружений и фундаментов способом «стена в грунте». – М.: Стройиздат, 1986.
4. Афанасьев А.А., Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. – М., 2008.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕСУРСА ЗДАНИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ*

Разработанная методика содержит принципиальные положения методологии определения остаточного ресурса, устанавливает требования по определению прогнозируемого ресурса зданий. Методика предназначена для применения при диагностировании и определении технического состояния и прогнозируемого ресурса объектов, выработавших ресурс, установленный проектом, нормативной документацией, а также после аварий и восстановительных ремонтов.

* *Пермяков М.Б. Институт строительства, архитектуры и искусства
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

В качестве базовой концепции для расчета остаточного ресурса зданий предлагается подход, основанный на принципе «безопасной эксплуатации по техническому состоянию». Согласно данному подходу оценка технического состояния объекта осуществляется по параметрам технического состояния, обеспечивающим его надежную и безопасную эксплуатацию согласно нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, а остаточный ресурс – по определяющим параметрам технического состояния. В качестве последних принимаются параметры, изменение которых (в отдельности или в некоторой совокупности) может привести объект в неработоспособное или предельное состояние.

В зависимости от критериев предельного состояния и условий эксплуатации объекта параметрами его технического состояния служат:

- характеристики материалов (механические характеристики – предел текучести, предел прочности, твердость, трещиностойкость, пределы выносливости, длительной прочности, ползучести, химический состав, характеристики микроструктуры и т.д.);
- коэффициенты запасов прочности (по пределам текучести, прочности, длительной прочности, ползучести, трещиностойкости, устойчивости, по числу циклов или напряжениям при расчетах на циклическую прочность);
- технологические показатели (температура, параметры вибрации, режимы работы и т.д.).

Оценка параметров технического состояния и выбор критериев осуществляются по результатам анализа технической документации, данных оперативной (функциональной) диагностики, экспертного обследования.

Прогнозирование остаточного ресурса или установление назначенного ресурса осуществляется согласно закономерностям изменения определяющих параметров, полученным при анализе механизмов развития повреждений и (или) по результатам измерения функциональных показателей.

На основании полученных оценок принимается одно из решений:

- продолжение эксплуатации на установленных параметрах;
- продолжение эксплуатации с ограничением параметров;
- ремонт;
- доработка (реконструкция);
- использование по иному назначению;
- вывод из эксплуатации.

Основные этапы определения остаточного ресурса потенциально опасных объектов показаны на структурной схеме (рис. 1).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Анализу технической документации подлежат:

- нормативно-техническая, конструкторская (проектная) и эксплуатационная, в том числе монтажная и ремонтная, документация;
- техническая документация и научно-техническая информация по отказам и повреждениям по парку объектов и аналогичному оборудованию.

При анализе технической документации рассматриваются:

- паспорт на здание и (или) сооружение;
- комплект общестроительных чертежей с указанием всех изменений, внесенных при производстве работ, и отметок о согласовании этих изменений с проектной организацией, разработавшей проект;
- акты приемки здания (сооружения) в эксплуатацию с указанием недоделок, акты устранения недоделок;
- акты приемочных испытаний, проведенных в процессе эксплуатации;
- технический журнал по эксплуатации здания (сооружения);
- акты на скрытые работы и акты промежуточной приемки отдельных ответственных конструкций;
- журналы производства работ и авторского надзора;
- материалы геодезических съемок;
- журналы контроля качества работ;
- сертификаты, технические паспорта, удостоверяющие качество конструкций и материалов;
- акты противокоррозионных и окрасочных работ;
- акты результатов периодических осмотров конструкций;
- акты расследования аварий и нарушений технологических процессов, влияющих на условия эксплуатации здания (сооружения);
- отчеты, документы и заключения специализированных организаций о ранее выполненных обследованиях;
- установленные нормативные сроки эксплуатации;
- документы о текущих и капитальных ремонтах, усилениях конструкций;
- документы, характеризующие фактические технологические нагрузки и воздействия и их изменения в процессе эксплуатации;
- документы, характеризующие фактические параметры внутри цеховой среды (состав и концентрация газов, влажность, температура, тепло- и пылевыведение и т.д.);
- технологические регламенты и другая документация;
- отчеты по инженерно-геологическим условиям территории, на которой расположено здание (сооружение);
- декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта (в установленных законодательством Российской Федерации случаях).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

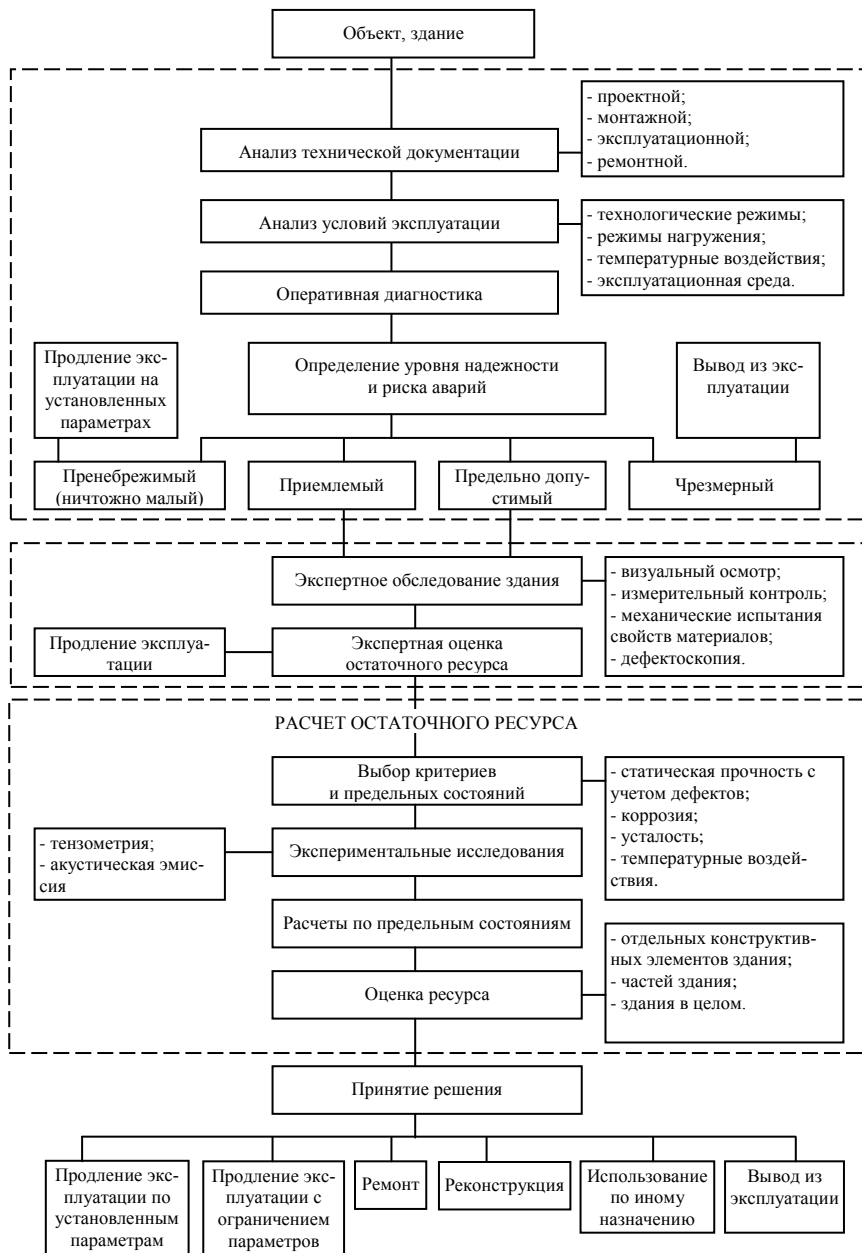


Рис. 1. Структурная схема определения остаточного ресурса зданий

Предотвращение аварий зданий и сооружений

При анализе условий эксплуатации рассматриваются:

- технологические режимы;
- режимы нагружений;
- температурные воздействия;
- эксплуатационная среда;
- факторы, влияющие на безопасную эксплуатацию (факторы риска аварий).

К факторам риска аварий относятся:

- близкое расположение других опасных производственных объектов;
- близко расположенные подземные коммуникации, магистральные газопроводы и линии электропередач;
- близко расположенные железнодорожные станции (пути), автомобильные дороги, аэродромы;
- территориальные, инженерно-геологические и климатические факторы.

Цель оперативной диагностики – получение данных о техническом состоянии обследуемого объекта.

При оперативной диагностике проводятся:

- ранжирование элементов здания на группы конструкций;
- проведение обследования конструкций с оценкой состояния конструкций.

Основными группами элементов конструкций металлических каркасов одноэтажных промышленных зданий являются:

- колонны (постоянного по высоте сечения, переменного по высоте сечения (ступенчатые), отдельные – в виде двух стоек, жестко связанных между собой);
- несущие элементы покрытия (стропильные и подстропильные фермы, фермы фонарей, прогоны);
- подкрановые конструкции (подкрановые балки (фермы), тормозные балки или фермы);
- связи (связи между колоннами, связи по покрытию).

Результатом диагностики является ведомость дефектов и повреждений с указанием технического состояния конструкций.

Цель экспертного обследования - получение информации о реальном техническом состоянии объекта, наличии в нем повреждений, выявление причин и механизмов их возникновения и развития.

Экспертное обследование здания включает в себя:

1. Обследование конструкций:

- 1.1 определение фактических размеров сечений конструкций и соединений, их пространственное положение;
- 1.2 проверка соответствия конструкций проектной документации, фактической геометрической неизменяемости, выявление отклонений, дефектов и повреждений элементов и узлов конструкций с составлением ведомостей дефектов и повреждений;

- 1.3 уточнение фактических и прогнозируемых нагрузок и воздействий;
 - 1.4 установление фактических физико-механических свойств материалов конструкций;
 - 1.5 проверка фундаментов, деформаций каркаса здания и несущей способности грунта при выявлении осадок фундаментов.
2. Проверочный расчет, при этом необходимо выполнить следующие работы:

- выбрать расчетную схему конструкций с учетом выявленных при обследовании отклонений, дефектов и повреждений, фактических нагрузок и свойств материалов конструкций;
- проверить несущую способность элементов, узлов и соединений. Выявить те из них, которые не удовлетворяют условиям прочности, жесткости и устойчивости.

По результатам проведенного экспертного обследования определяется техническое состояние конструкций и выполняется экспертная оценка остаточного ресурса.

Экспертная оценка основывается на:

- анализе технической и эксплуатационной документации;
- анализе условий эксплуатации;
 - результатах полученных данных визуально-измерительного контроля, инструментального контроля, неразрушающих испытаний, определения пространственного положения конструкций;
 - результатов проверочного расчета.

Техническое состояние конструкций подразделяется на пять уровней: исправное; работоспособное; ограниченно работоспособное; недопустимое и аварийное.

На основании анализа полученных результатов и опыта эксплуатации принимается решение о продлении эксплуатации здания с назначением остаточного ресурса либо о необходимости проведения расчета остаточного ресурса.

Остаточный ресурс объекта необходимо устанавливать на основе совокупности имеющейся информации прогнозированием его технического состояния по определяющим параметрам до достижения предельного состояния.

Во время прогнозирования величины остаточного ресурса должно быть обеспечено выполнение (одновременное) следующих условий:

- известны параметры технического состояния здания;
- известны определяющие параметры технического состояния, изменяющиеся соответственно выявленному механизму повреждения элементов объекта;
- назначены критерии предельных состояний объекта, достижение которых возможно при развитии выявленных повреждений.

Критериями расчета остаточного ресурса зданий с металлическими каркасами являются:

- физический износ;
- статическая прочность с учетом дефектов и температурного воздействия;
- коррозия;
- усталость.

Расчет остаточного ресурса может выполняться как по одному, так и по нескольким критериям.

В общем случае выбор метода расчета остаточного ресурса по тому или иному критерию должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиям точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта и риска его дальнейшей эксплуатации.

Для более точного расчета остаточного ресурса при необходимости могут проводиться экспериментальные исследования конструкций, а именно: тензометрия и (или) акустическая эмиссия.

Расчеты остаточного ресурса по критериям предельных состояний проводятся по следующим методам:

- в зависимости от физического износа;
- по коррозионному износу конструкций;
- по статической прочности;
- по циклической работоспособности (усталости).

По результатам расчетов остаточного ресурса делается оценка ресурса отдельных конструктивных элементов здания, частей здания либо здания в целом.

При расчете остаточного ресурса по нескольким критериям ресурс назначается по минимальному значению.

На основании данных по оценке технического состояния объекта и остаточного ресурса принимается обоснованное решение о возможности дальнейшей эксплуатации объекта в соответствии с остаточным или назначенным ресурсом или его ремонте, снижении рабочих параметров, использованию по иному назначению или выводу из эксплуатации.

Библиографический список

1. Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

ПРОДЛЕНИЕ СРОКА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ*

В усложненных экономических условиях современной России большинство предприятий металлургии, в частности, прокатные цеха временно утратили возможность строительства новых промышленных зданий и сооружений. В связи с этим встал вопрос о продлении срока службы уже имеющихся.

Актуальность проблемы заключается в обеспечении работоспособности промышленных зданий при наличии дефектов и повреждений в отдельных несущих конструкциях и связях, оценке возможности временной безопасной работы конструкций с повреждениями, имеющих резервы несущей способности.

Одним из возможных способов продления срока эксплуатации является усиление с обязательным предварительным выполнением обследования несущих и ограждающих конструкций специализированными организациями.

Методика проведения обследования содержит в себе выполнение нескольких этапов работы:

1. Изучение проектной, конструкторской и эксплуатационной документации.
2. Определение фактических размеров сечений конструкций и соединений:
 - определение фактических размеров сечений конструкций производится для 3-5% однотипных конструкций. При выявлении отклонений от проектной документации дополнительно проводится проверка размеров сечений с увеличением общего объема контролируемых однотипных конструкций до 10-15%;
 - состояние соединений конструкций оценивается визуально-измерительным методом контроля. Осмотру подлежат все узлы соединений конструкций, инструментальному контролю – до 10% однотипных узлов. При обнаружении дефектов и повреждений в виде трещин в узлах сопряжения конструкций между собой инструментальному контролю подлежат все поврежденные узлы.
3. Определение пространственного положения конструкций:
 - определение пространственного положения конструкций производится с использованием геодезических приборов, светодальномеров

* *Пермяков М.Б., Пермякова А.М. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область*

- и улеток, прошедших соответствующую метрологическую поверку, прогибомерных нитей и отвесов;
- при проведении контроля производится планово-высотная съемка конструкций с целью выявления фактического взаимного положения конструкций и определения возможных деформаций здания и отдельных конструктивных элементов:
 - а) при проведении контроля замерам подлежат следующие параметры здания:
 - размеры здания в плане;
 - размер сетки колонн в плане (до 10% от общего числа однотипных размеров);
 - полезная высота здания (до низа стропильных конструкций) либо высота этажа в многоэтажных зданиях;
 - б) для определения деформаций здания и отдельных конструктивных элементов производятся замеры:
 - отклонения колонн от вертикали в пределах высоты здания для одноэтажных зданий и в пределах этажа для многоэтажных зданий (до 10% от общего числа колонн);
 - отклонения стенового ограждения от вертикали (при самонесущем стеновом ограждении). Замеры производятся в торцевых и угловых частях здания, выборочно, в 2-х – 3-х точках по двум взаимно перпендикулярным направлениям в каждой точке. При навесном стеновом ограждении вертикальность стен оценивается по результатам замеров вертикальности колонн;
 - прогибов пролетных конструктивных элементов здания (стропильных и подстропильных, подкрановых конструкций, элементов междуэтажных перекрытий и т.п.). Замеры производятся на конструкциях в объеме до 10% от общего числа по каждому типу элементов;
 - деформаций конструктивных элементов здания. Такие замеры производятся выборочно. При наличии дефектов и повреждений, указывающих на недостаточную несущую способность конструкций (видимые деформации, трещины в узлах и элементах конструкций), замеры деформаций производятся по всем поврежденным конструкциям.
4. Проверка соответствия конструкций проектной документации, фактической геометрической неизменяемости:
- по результатам контроля пространственного положения конструкций, их фактических сечений и соединений проводится проверка соответствия полученных результатов проектной документации;
 - при отсутствии проектной документации проверяется соответствие конструкций действующим строительным нормам и правилам. Со-

- ответствие действующим нормам и правилам производится на основании результатов всего комплекса мероприятий обследования.
5. Выявление отклонений, дефектов и повреждений элементов и узлов конструкций с составлением ведомостей дефектов и повреждений.
 6. Уточнение фактических и прогнозируемых нагрузок и воздействий:
 - природно-климатические нагрузки и воздействия устанавливаются на основании действующих нормативных документов;
 - нагрузки от собственного веса конструкций назначаются по результатам натурного обследования конструкций, с учетом фактического пространственного положения и сечений конструктивных элементов здания;
 - нагрузки от грузоподъемного и стационарного технологического оборудования назначаются по данным технических паспортов или иной технической документации на оборудование.
 7. Исследование температурных воздействий технологического оборудования на конструкции здания.

В процессе проведения обследования в случае нахождения в здании технологического оборудования с повышенным выделением тепла производятся замеры температур на несущих конструкциях каркаса здания.

Определение температур производится при помощи пирометра или с использованием тепловизора. В случае применения пирометра замеры производят по каждой оси каркаса по всему сечению пролета. Точки замеров выбираются таким образом, чтобы расстояние между ними не превышало 6 м. По результатам выполненных замеров вычерчиваются план здания с нанесением на нем температурных полей и разрез здания в сечении, наиболее подверженном температурным воздействиям, на котором также наносятся температурные поля.

По результатам проведенных замеров решается вопрос о необходимости учета температурных воздействий в проверочных расчетах.

8. Установление фактических физико-механических свойств материалов конструкций.

При проведении обследования определяются фактические свойства материалов несущих и ограждающих конструкций здания.

Определение фактических свойств материалов производится методами, основанными на разрушениях малого объема (первая группа), или неразрушающими методами (вторая группа).

Количество участков для определения фактических свойств материалов принимается:

- при оценке отдельной конструкции – не менее трех;
- при оценке однотипных конструкций – не менее девяти;

Определение фактических свойств материалов определяется на конструкциях, составляющих до 10% однотипных конструкций. При наличии в конструкциях дефектов, указывающих на изменение свойств материала, или при выявлении несоответствия свойств материала с проектными данными количество конструкций (или отдельных участков) для определения свойств материалов должно быть увеличено.

9. Проверочный расчет с учетом фактической нагрузки, свойств материалов и выявленных повреждений.

При выполнении расчета учитываются все выявленные дефекты и повреждения несущих и ограждающих конструкций.

10. Проверка фундаментов при наличии деформаций каркаса здания и несущей способности грунта при выявлении осадок фундаментов.

Проверку фундаментов проводят при обнаружении деформаций каркаса здания в процессе проведения геодезической съемки пространственного положения конструкций. Проверка несущей способности грунта проводится при выявлении осадок фундаментов.

11. Разработка компенсирующих мероприятий.

В компенсирующих мероприятиях указаны способы восстановления эксплуатационных характеристик конструкций путем устранения дефектов и усиления конструктивных элементов и соединений и сроки проведения их службы.

В данной статье внимание уделено состоянию несущей способности конструктивных элементов промышленного здания на примере прокатного цеха №3 ОАО «Златоустовский металлургический завод».

Прокатный цех № 3 построен в несколько очередей в 70-х годах 20-го века и имеет сложную конфигурацию в плане и по высоте. Строительные конструкции здания разработаны Харьковской проектной организацией «Гипросталь».

Цех состоит из шести продольных пролетов с цельнометаллическим каркасом и трех поперечных со смешанным каркасом.

В продольных пролетах в качестве подкрановых конструкций использованы сварные двутаврового сечения подкрановые балки пролетом 6, 12, 18 м и подкраново-подстропильные фермы коробчатого сечения пролетом 24 и 36 м.

Колонны – ступенчатые, сплошного сечения в надкрановой части и сквозного – в подкрановой. Надкрановые части колонн представляют собой сварные двутавры. Подкрановая часть колонн состоит из шатровой и подкрановой ветвей.

Стропильные фермы трапецеидального очертания со шпренгельной системой решетки пролетом 24, 30, 36 м.

Связи по покрытию состоят из продольных связевых ферм.

Цех оборудован светоаэрационными фонарями.

Результаты обследования

В результате обследования были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- а) В подкраново-подстропильных фермах:
 - вырезы (квадратные, прямоугольные, круглые) в верхних и нижних полках нижнего (подкранового) пояса от 100 до 650 мм в диаметре для пропуска электрических кабелей и газоходов, выполненные автогенной сваркой;
 - прожоги в верхних полках подкранового пояса ППФ размерами 5-100 мм, образовавшиеся при выполнении ремонтных работ;
 - трещины в сварных швах в местах соединения стенки и верхней полки подкранового пояса ППФ длиной от 50 до 9500 мм и шириной раскрытия от 0,1 до 4,0 мм
 - трещины в сварных швах в местах соединения ребра жесткости и верхней полки подкранового пояса ППФ длиной от 50 до 100 мм и шириной раскрытия от 0,1 до 3,0 мм;
 - подрезы сварных соединений, полученные при изготовлении;
 - неравномерность сварных швов;
 - отсутствие отдельных болтов в монтажных стыках отправочных марок ППФ;
 - ослабление отдельных болтов в монтажных стыках отправочных марок ППФ;
 - замачивание верхних полок ППФ;
 - точечная коррозия;
 - складирование ремонтных материалов на верхних полках;
 - общие и местные погибы верхних полок и ребер жесткости.
- б) В колоннах:
 - местные погибы элементов ветвей колонн;
 - местные и общие погибы элементов соединительной решетки;
 - погибы траверс уступов колонн;
 - погибы фасонки элементов соединительной решетки;
 - повреждения узлов соединения элементов сваркой;
 - незначительные сколы углов железобетонных колонн.
- в) В вертикальных связях по колоннам:
 - общие погибы элементов связей;
 - местные погибы элементов связей;
 - закручивание элементов;
 - отсутствие элементов соединительной решетки (стоек и раскосов);
 - общие и местные погибы элементов соединительной решетки;
- г) В подкрановых балках:
 - местные погибы ребер жесткости;

Предотвращение аварий зданий и сооружений

- ослабления натяжения болтов крепления подкрановых балок к уступам колонн;
 - отсутствие болтов и прокладок в узлах соединения опорных ребер смежных подкрановых балок между собой;
 - отсутствие болтов в опорных частях подкрановых балок;
 - прожоги в верхних полках размером от 10 до 50 мм;
 - трещины в сварных швах в местах соединения стенки и верхнего пояса подкрановой балки длиной от 50 до 100 мм и шириной раскрытия от 0,1 до 2,0 мм;
 - несоосность подкрановых балок;
 - трещины в сварных швах в местах соединения стенки и верхнего пояса подкрановой балки длиной от 10 до 300 мм и шириной раскрытия от 0,1 до 2,0 мм.
- д) В подстропильных фермах:
- местные погибы элементов решетки;
 - общие погибы элементов решетки;
 - деформирование фланцев верхних опорных узлов стропильных ферм в узлах сопряжения с колоннами.
- е) В вертикальных связях по колоннам:
- местные погибы элементов решетки;
 - закручивание элементов.

Анализ показал, что наиболее поврежденными конструкциями здания ПЦ № 3 являются подкраново-подстропильные фермы (ППФ). Наиболее распространенными дефектами являются трещины (рис. 1).

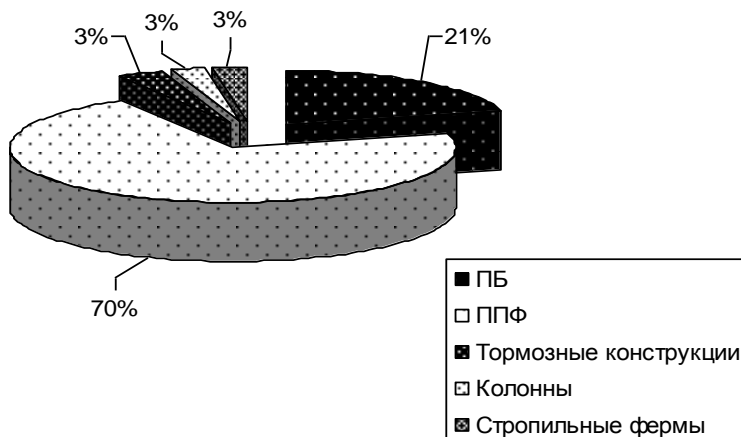


Рис. 1. Процентное соотношение распределения дефектов и повреждений конструкций здания ПЦ № 3

Исследование температурных воздействий на стальные конструкции печного и станového пролетов

Измерение температур производилось на поверхностях несущих металлических конструкций бесконтактным способом при помощи инфракрасного термометра «Кельвин».

По высоте поперечной рамы измерения производились в основании колонн, в средних частях, в уступах и в надкрановых частях колонн, в шатровой части здания – в опорных частях стропильных ферм, посередине нижнего пояса, в коньковых частях стропильных ферм и фонарей. В продольном направлении температура измерялась на подкрановых балках через каждые 6 м. В результате анализа полученных результатов установлено следующее:

- наблюдается неравномерность распределения температур по высоте колонн, по высоте шатровой части и по длине температурного блока;
- наибольшие температуры отмечаются в печном пролете в коньковой части стропильной фермы (62°C);
- с противоположной стороны температурного блока температура составляет 41°C. Перепад температур составляет 21°C;
- по нижним поясам стропильных ферм в опорных узлах перепады температур в малонагруженной части составляют 2-5°C, а над нагревательной печью – до 18°C.
- перепады температур по длине подкрановых балок в пределах температурного блока составляют 9°C (в печном пролете), а со стороны станového пролета – 6°C.
- перепады температур по высоте шатровой части, включая аэрационный фонарь, составляют 10-12°C.
- перепады температур по высоте колонн достигают 10-14°C.

Перерасчеты конструкций на основе современных нормативных документов

На этом этапе резервы несущей способности могут быть получены в результате совершенствования методов определения нагрузок и расчета конструкций со времени проектирования здания, что находит отражение в нормативных документах.

Расчет выполнялся для наиболее поврежденных конструкций, которыми являются подкраново-подстропильной фермы.

Постоянная нагрузка определялась от шатровой части здания и собственной массы ППФ. Снеговая нагрузка принята в соответствии с нормами проектирования. Вертикальная крановая нагрузка учитывалась

от четырех мостовых кранов, максимально сближенных для совместной работы. Тормозная сила учитывалась от поперечного торможения тележек двух мостовых кранов, расположенных в одном из пролетов, с максимальными грузами на крюках.

В узлы верхнего пояса ППФ приложены усилия от опорных реакций стропильных ферм при загрузке их постоянной и снеговой нагрузкой. Нижний пояс ППФ загружен внеузловой нагрузкой от давлений колес четырех мостовых кранов, расположенных в смежных пролетах.

Расчетная схема ППФ – комбинированная система, ферма с жестким нижним поясом. Расчет выполнен на ПЭВМ с помощью программы «OSCAR».

Выводы по поверочному расчету подкраново-подстропильной фермы:

1. Вырезы в полках нижнего пояса ППФ (размером до 600 мм) уменьшают несущую способность на 22%;
2. При расположении вырезов в крайних третях пролета ППФ на расстоянии 9,75 м от левой или правой опор недонапряжения при неблагоприятном сочетании нагрузок составляют 51%;
3. Прочность нижнего пояса ППФ в средней части пролета при учете постоянной, снеговой и крановой нагрузок обеспечивается. Недонапряжение составляет 34,5%.
4. Устойчивость сжатых и прочность растянутых элементов решетки ППФ обеспечиваются. Недонапряжения составляют:
 - в верхнем поясе 58%;
 - в опорных раскосах 52%;
 - в сжатых раскосах 67%;
 - в стойках 69%;
 - в растянутом раскосе 80%.

Вывод

Проведенное обследование по данной методике позволило выполнить усиление, восстановление работоспособности конструкций, предотвратить аварии и продлить срок безопасной эксплуатации здания прокатного цеха №3 ОАО «Златоустовский металлургический завод».

СБОРНО-МОНОЛИТНАЯ СОСТАВНАЯ СВАЯ*

За последнее время в массовом промышленном и гражданском строительстве резко возросло применение свайных фундаментов, которые, в силу ряда их достоинств, пришли на смену ленточным и столбчатым фундаментам. Для обеспечения наилучшей работы по восприятию передаваемых на них нагрузок были разработаны различные конструктивные решения свайных фундаментов и технологические процессы их выполнения. Наибольшее распространение получили фундаменты, выполняемые из призматических сборных железобетонных свай заводского изготовления длиной 6-12 метров.

Анализируя требования, предъявляемые к конструктивным параметрам призматических свай на различных стадиях их существования, начиная от изготовления конструкций и заканчивая их работой в свайных фундаментах зданий и сооружений, легко заметить крайнюю противоречивость выдвигаемых условий. С одной стороны проще и комфортнее работать с небольшими по размерам и массам конструкциями. Это объясняется тем, что увеличение длины и веса свай неизбежно влечёт за собой усложнение всех технологических процессов, снижение производительности труда и необходимость использования более мощных строительных машин и механизмов. Кроме того, в этом случае возрастает вероятность повреждения свай при забивке.

С другой стороны возникает необходимость в обеспечении, иногда очень большой, несущей способности фундаментов. Выполнение этого условия у свайных фундаментов из призматических свай в значительной степени зависит от величины силы трения грунта по боковым поверхностям свай, погруженных в грунтовое основание. Повышение несущей способности сваи обычно достигается увеличением суммарной площади её боковых поверхностей, контактирующих с грунтом, за счет увеличения длины или размеров поперечного сечения сваи, либо одновременным увеличением этих двух параметров. Но во всех случаях увеличение площади боковых поверхностей приведет к возрастанию габаритов, объема и массы сваи. Поэтому, обладающая большой площадью боковых поверхностей, призматическая железобетонная свая всегда будет иметь значительные линейные размеры и массу.

Таким образом можно сформулировать основные требования, которым должна удовлетворять свайная конструкция:
– простое конструктивное решение;

* *Пермяков М.Б., Веселов А.В., Токарев А.А. Институт строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
г.Магнитогорск, Челябинская область*

- небольшие размеры и массы свайных элементов;
- несложная технология изготовления в условиях обычных заводов ЖБИ;
- небольшой процент армирования, использование ненапрягаемой арматуры;
- удобство производства погрузочно-разгрузочных и транспортных работ;
- несложная технология изготовления свайного фундамента с использованием обычного оборудования, применяемого для производства данного вида работ;
- высокая несущая способность свайного фундамента.

Таким образом, широко используемые в современном строительстве типовые призматические железобетонные сваи заводского изготовления не в состоянии соответствовать одновременно всем вышеупомянутым требованиям.

Для решения поставленных задач было разработано новое конструктивное решение сборно-монолитной составной сваи для фундаментов с повышенными показателями несущей способности, а также технология возведения фундаментов из этих свай.

Предлагаемая свая (рис.1) состоит из центрального монолитного железобетонного цилиндрического стержня, на котором последовательно закреплены контактирующие между собой лидирующий, промежуточные и головной продольные сборные железобетонные элементы. Каждый продольный элемент (рис.2) представляет собой единое тело, которое может быть выполнено в двух различных модификациях. В первой модификации оно представляет собой усеченный конус с двумя цилиндрами, прикрепленными к его основаниям, во второй- усеченную четырехгранную пирамиду с квадратными основаниями, к которым прикреплены, соответственно, две призмы. Для упрощения восприятия информации, дальнейшее ознакомление с особенностями конструктивного решения предлагаемой составной сваи будет иллюстрироваться на примере её выполнения в первой модификации. Угол наклона образующей конусообразных частей по отношению к центральной оси у всех продольных элементов одинаковый и может задаваться в пределах от 3 до 10°. Все продольные элементы выполнены с соосными цилиндрическими каналами одинакового диаметра, соответствующего диаметру центрального монолитного цилиндрического стержня сваи.

Различия продольных элементов заключаются в следующем:

- концевая цилиндрическая часть лидирующего элемента, имеющая меньший диаметр, выполнена заостренной;
- в концевой цилиндрической части головного элемента, имеющей большой диаметр, может быть выполнен «стакан» для установки колонны;

- диаметры цилиндрических частей и оснований конусообразных частей каждого продольного элемента последовательно возрастают по направлению от лидирующего к головному элементу сваи. В то же время, соприкасающиеся между собой цилиндрические части соседних продольных элементов имеют одинаковые диаметры;
- высоты цилиндрических частей всех продольных элементов сваи одинаковые, а высоты конусообразных частей этих элементов последовательно уменьшаются по направлению от лидирующего к головному элементу сваи.

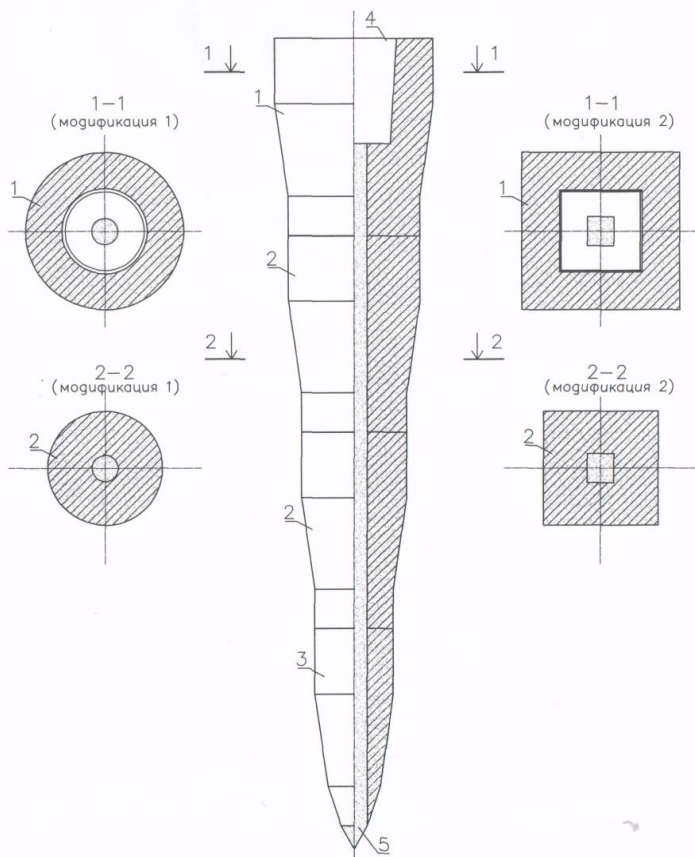
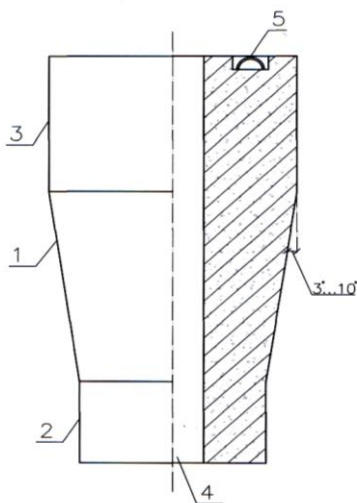


Рис. 1. Сборно-монолитная составная свая:
1 – головной элемент; 2 – промежуточный элемент; 3 – лидирующий элемент; 4 – «стакан» для установки колонны;
5 – центральный монолитный цилиндрический стержень

Рис. 2. Промежуточный сборный железобетонный элемент:

- 1 – фрагмент элемента в виде усеченного конуса;
- 2, 3 – то же, в виде цилиндров;
- 4 – цилиндрический канал;
- 5 – монтажная петля



При проектировании составной сваи предлагаемого конструктивного исполнения, изменением высоты конусообразной части любого составляющего тело сваи продольного элемента возможно регулирование его объема, что позволяет все продольные элементы сваи выполнять с одинаковым весом. Эта возможность, в свою очередь, обеспечивает получение явных преимуществ при выполнении процесса погружения свай в грунтовое основание, которых нет у типовых сборных железобетонных свай заводского изготовления.

Возведение свайного фундамента предлагаемого конструктивного исполнения производится в технологической последовательности, указанной на рис.3. Первоначально по месту погружения сваи в грунтовом основании пробуривается лидирующая скважина, диаметр которой соответствует диаметру заостренной концевой цилиндрической части лидирующего продольного элемента, а глубина на 0,5 м меньше суммарной высоты всех продольных элементов сваи. Сразу после пробуривания полость скважины заполняется тиксотропной грунтоукрепляющей композицией, например, водоцементной суспензией, которая предотвращает обрушение её стенок. При этом, под действием гидростатического давления, суспензия постепенно проникает в грунт боковых стенок и дна скважины, насыщая его и заполняя воздушные поры между грунтовыми частицами. Затем в скважину на глубину, равную высоте сваи, погружают полый перфорированный стержень, представляющий собой металлическую трубу с конусным наконечником, наружный диаметр которой несколько меньше диаметра цилиндрических каналов продольных элементов сваи (рис.4).

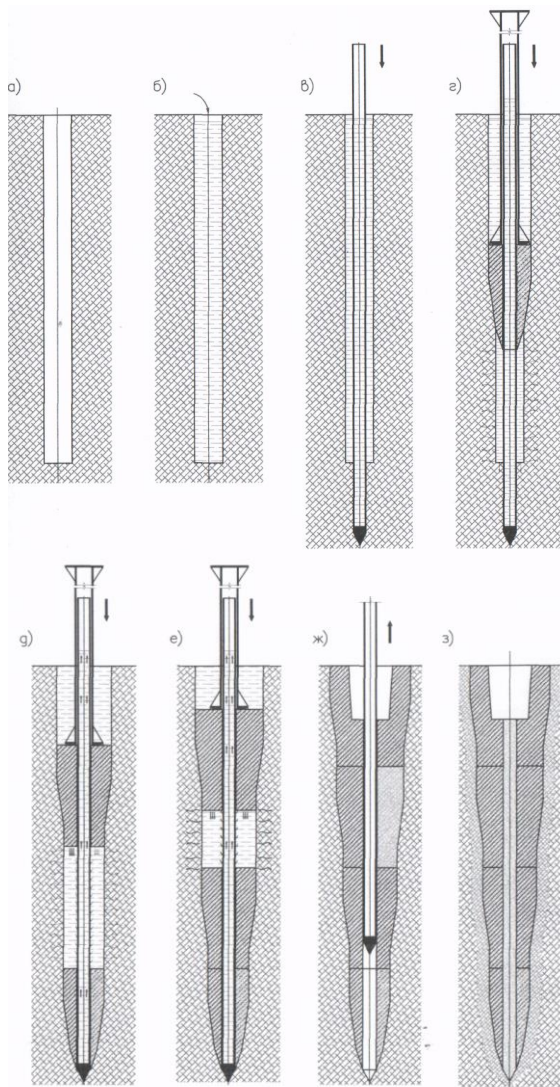


Рис. 3. Технологическая последовательность изготовления свай:
 а – бурение лидирующей скважины; б – заполнение скважины
 грунтоукрепляющей композицией; в – погружение в скважину полого
 перфорированного стержня; г – погружение свайного лидирующего элемента;
 д, е – то же, свайных промежуточных элементов; ж – извлечение полого
 перфорированного стержня; з – изготовление железобетонного
 монолитного стержня свай

Длина перфорированного стержня подбирается таким образом, чтобы верхний конец погруженного в скважину стержня возвышался над поверхностью земли на высоту, превышающую высоту лидирующего продольного элемента сваи, который насаживается на стержень. После этого производится погружение забивкой лидирующего продольного элемента сваи в скважину, при достижении дна которой погружение элемента продолжается уже непосредственно в грунтовое основание до заданной проектной отметки. Погружение лидирующего и всех последующих продольных элементов осуществляется с помощью погружающего приспособления (рис.5), насаживаемого на полый перфорированный стержень сверху погружаемого элемента и передающего ему ударный импульс от свайного молота.

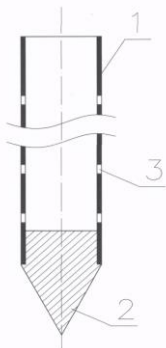


Рис. 4. Полый перфорированный стержень:
1 – стенка стержня;
2 – конусообразный наконечник;
3 – отверстия в стенке стержня

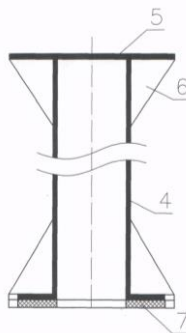


Рис. 5. Погружающее приспособление:
4 – металлическая труба; 5 – верхний фланец; 6 – усиливающие ребра;
7 – нижний фланец
с амортизирующей прокладкой

В процессе погружения лидирующего продольного элемента сваи часть энергии ударных импульсов передается тиксотропной композиции, заполняющей нижерасположенное пространство скважины, создавая в ней повышенное давление (гидравлический удар). Это способствует ускоренному проникновению композиции в грунтовые стенки и дно скважины, увеличивая во всех направлениях толщину пропитанного ею слоя грунта. Вместе с тем, вследствие небольшой проникающей способности грунта, вся тиксотропная композиция, находящаяся под давлением, не успевает перейти в грунт. Часть её через сквозные отверстия в стенках полого стержня попадает в его полость, заполняет её, а затем вытекает через отверстия, расположенные выше погружаемого свайного элемента, в пространство скважины над ним.

После достижения лидирующим продольным элементом проектной отметки, процесс погружения прекращается, погружающее приспособление из скважины извлекается, на перфорированный стержень насаживается следующий по порядку промежуточный продольный элемент и цикл погружения повторяется. Так продолжается до тех пор, пока все продольные элементы не займут свои места в свайной конструкции. Затем перфорированный стержень из осевого цилиндрического канала в теле сваи извлекается, а в него опускается арматурный каркас, после установки которого полость канала заполняется мелкозернистым бетоном. Изготовление сваи можно считать практически законченным, когда пропитанная композицией грунтовая масса вокруг тела сваи затвердеет, а уложенный бетон наберет заданную прочность.

Предлагаемая сборно-монолитная составная свая по сравнению с типовой призматической железобетонной свайей заводского изготовления при одинаковой массе конструкций обладает повышенной несущей способностью. Это достигается за счет:

- высокой степени уплотнения грунта по боковым поверхностям сваи при неоднократном прохождении погружаемых продольных свайных элементов с постоянно возрастающими диаметрами стволов;
- большой площади наклонных поверхностей конусообразных частей продольных элементов, составляющих тело сваи;
- пропитки тиксотропной грунтоукрепляющей композицией грунтового пространства вокруг тела сваи, которое, после его затвердения, образует единый прочный монолит со свайной конструкцией.

Кроме этого, новое конструктивное решение предлагаемой сваи обеспечивает получение многих дополнительных преимуществ перед типовой призматической железобетонной свайей. Например, по сравнению с трудоемким процессом изготовления на заводе ЖБИ длинномерной типовой сваи, выполняемой, как правило, с предварительно напрягаемой арматурой, процесс изготовления без предварительного напряжения коротких и легких сборных элементов составной сваи, технологически является гораздо более простым.

При проведении работ по погрузке и разгрузке свай, в теле перемещаемой в горизонтальном положении длинномерной типовой железобетонной сваи возникают ненужные изгибающие и растягивающие напряжения, которые могут стать причиной её поломки даже при выполнении предварительного напряжения арматуры. В аналогичных условиях перемещение сборных элементов составной сваи технологически предусмотрено только в вертикальном положении, что, в сочетании с небольшими размерами и массой элементов, будет являться гарантией их целостности.

Погружение в грунтовое основание длинномерных массивных типовых железобетонных свай возможно только при использовании свайных молотов, обладающих большой энергией удара. Для преодоления возрастающих в процессе забивки свай сил сопротивления погружению, необходимо постоянно наращивать величину ударного усилия, что сопровождается увеличением сжимающих напряжений в головной части сваи. Зачастую величины напряжений превышают допустимые значения и это приводит к разрушению бетона головных частей забиваемых свай и их недопогружению до проектной отметки. В таких случаях, как правило, рядом с поврежденной свайей приходится дополнительно забивать дублирующую сваю, что в конечном итоге увеличивает стоимость и продолжительность строительства.

В тоже время, при последовательном погружении небольших легких свайных элементов в заранее пробуренную в грунтовом основании лидирующую скважину, диаметр которой незначительно меньше диаметра погружаемого элемента, а боковые стенки пропитаны жидкой тиксотропной композицией, выполняющей роль смазки, требуется минимальная энергия. В этом случае значения сжимающих напряжений в бетоне конструкций не достигают приводящих к разрушению критических величин и повреждения погружаемых элементов не происходит.

И наконец, конструктивное исполнение предлагаемой составной сваи позволяет в достаточно широком диапазоне регулировать показатели её несущей способности простым изменением количества одинаковых по массе погружаемых продольных элементов. При этом, выполнение различных по своим размерам, массе и несущей способности свайных конструкций возможно производить по приведенной ранее технологии с использованием любых свайных молотов, технические параметры которых достаточны для погружения отдельного продольного элемента составной сваи.

Вывод: по сравнению с типовой призматической сборной железобетонной свайей предлагаемая составная свая при одинаковой массе конструкций обладает следующими преимуществами:

- на стадии изготовления конструктивных элементов – большей технологичностью, меньшим процентом армирования, отсутствием необходимости выполнения предварительного напряжения арматуры;
- на стадии возведения фундамента – возможностью выполнения работ по изготовлению свайных конструкций больших размеров и масс с использованием маломощного сваебойного оборудования;
- на стадии эксплуатации сооружения – обеспечение повышенной несущей способности свайного фундамента.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ И УЧЕТА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ*

По разрушительным последствиям, количеству жертв, материальным ущербам и деструктивному действию на среду обитания человека землетрясения занимают одно из первых мест среди опасных природных и природно-техногенных явлений [1], определяют условия жизнедеятельности населения и инженерной деятельности на значительной территории земного шара.

Сейсмическая опасность актуальна практически для всей без исключения территории России, где даже на относительно спокойных в геологическом отношении равнинных территориях имели место, и не исключаются в будущем, достаточно сильные и разрушительные землетрясения. При этом значительную площадь страны занимают чрезвычайно опасные в сейсмическом отношении 8-9- и 9-10-балльные зоны [2]. Сильные землетрясения угрожают странам Закавказья, среднеазиатским странам, Казахстану, в том числе и густонаселенным территориям этих стран [3]. Весьма актуальной сейсмическая опасность является и для Украины, где сейсмоопасные районы с прогнозируемой интенсивностью сейсмических сотрясений от 6 до 9 баллов за шкалой MSK-64 занимают около 20% территории (почти 120000 км²), на которой проживает свыше 10 млн. населения, а районы с интенсивностью 7-9 баллов за шкалой MSK-64 – около 12% территории, где проживает свыше 7 млн. людей.

В тоже время, как свидетельствует опыт развитых стран, никакой фатальной неизбежности ущербов и потерь от землетрясений нет. Как сказано в книге видных американских специалистов по сейсмостойкому проектированию и строительству Дж. Гира и Х. Шаха «не землетрясения убивают людей, а здания» [4]. И поскольку угрозы от землетрясений реализуются в соответствии со стохастическими законами, то это означает, что ущербам и потерями от землетрясений можно управлять – путем минимизации сейсмического риска. Однако такая возможность может быть реализована только в случае адекватной оценки сейсмического риска в контексте принятия решений.

Концептуальные основы для оценки сейсмического риска и его учета при принятии решений были заложены еще во второй половине XIX века при внедрении первых сейсмических шкал. Кроме оценки сейсмической опасности в зависимости от интенсивности колебаний на поверхности Земли, критериями, на которых базируются современные сейсмические шкалы, являются внешние проявления (последствия) земле-

* *Стефанишин Д.В. Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства Национальной академии наук Украины, г.Киев*

трясений. Последние связываются с ущербами и вредом – характером разрушения сооружений, остаточными деформациями грунтов и т.п., а также – с частотой (количеством землетрясений определенной интенсивности в баллах за год) [5].

Как известно, в России и в странах бывшего СССР используется 12-балльная сейсмическая шкала MSK-64 [6]. В качестве основной расчетной характеристики, характеризующей уровень сейсмической опасности, используется максимальное сейсмическое ускорение a_{max} колебаний частиц грунта на поверхности земли. Между сейсмической интенсивностью I в баллах шкалы MSK-64 и максимальным ускорением a_{max} устанавливается сложная вероятностная зависимость (рис. 1).

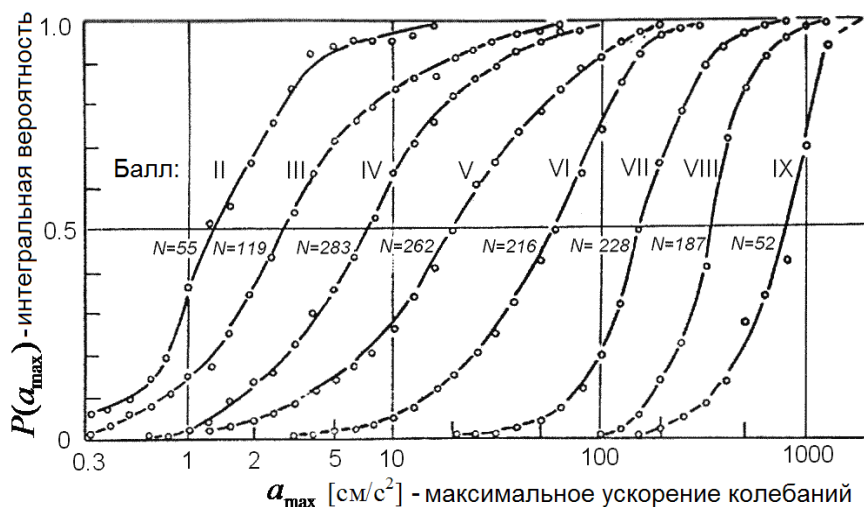


Рис. 1. Характер вероятностной связи между I , в баллах шкалы MSK-64, и a_{max} ; N – количество сейсмограмм землетрясений, использованных для построения графиков, характеризующих разную интенсивность

На рис. 1 видно, что одним и тем же ускорениям a_{max} могут отвечать разные интегральные вероятности $P(a_{max})$ при разной интенсивности I сейсмических колебаний, в баллах, и, соответственно, при разной их частоте. То есть одни и те же максимальные сейсмические ускорения a_{max} с разной вероятностью могут прогнозироваться в значительном диапазоне изменения интенсивности сейсмических колебаний, в баллах.

Положим, что при некотором расчетном землетрясении интенсивностью I_p , в баллах, сооружение способно безотказно (не разрушаясь и не повреждаясь) выдержать некоторое расчетное максимальное сейсмиче-

ское ускорение $a_{\max,p}$. Тогда вероятность $P(a_{\max,p})$, определенная при I_p как условная вероятность $P(a_{\max,p} | I_p)$ непревышения соответствующего ускорения, может характеризовать минимально допустимое значение (оценку inf) условной вероятности безотказной работы (надежности) этого объекта $P(V | I_p)$ при интенсивности I_p :

$$\inf P(V | I_p) = P(a_{\max,p} | I_p). \quad (1)$$

В свою очередь дополнение вероятности $P(a_{\max,p} | I_p)$ до единицы, как вероятность превышения $a_{\max,p}$, будет характеризовать максимально допустимое значение (оценку sup) условной вероятности отказа $P(Q | I_p)$ сооружения при I_p :

$$\sup P(Q | I_p) = P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_p) = 1 - P(a_{\max,p} | I_p), \quad (2)$$

где $P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_p)$ – вероятность превышения $a_{\max,p}$ при землетрясении интенсивностью I_p .

Другой важной характеристикой сейсмической опасности, определяющей безусловную вероятность отказа от расчетного землетрясения интенсивностью I_p , является средний период его повторения $T(I_p)$. В зависимости от периода повторения $T(I_p)$ устанавливается ежегодная вероятность $p(I_p)$ превышения землетрясения интенсивностью I_p :

$$p(I_p) = 1/T(I_p). \quad (3)$$

Воспользовавшись формулой произведения вероятностей (полной вероятности), получим максимально допустимое значение (оценку sup) безусловной вероятности (риска) отказа сооружения $P(Q, I_p)$ при расчетном землетрясении интенсивностью I_p :

$$\sup P(Q, I_p) = \frac{1}{T(I_p)} [1 - P(a_{\max,p} | I_p)] = P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_p) \cdot p(I_p) \quad (4)$$

Следует также учесть, что одни и те же ускорения a_{\max} , хотя и с разной вероятностью $P(a_{\max})$ (см. рис. 1), включая ускорения $a_{\max,p}$, могут превышать и при землетрясениях, интенсивность которых меньше расчетной I_p .

Рассмотрим некоторую группу I потенциально возможных k -х землетрясений $I = \{I_k\}$, $k = \overline{m, p}$, в которой землетрясение с интенсив-

ностью сотрясений I_m представляет собой некоторое минимальное по интенсивности, в баллах, землетрясение из возможных на площадке сейсмических событий с максимальными ускорениями $a_{max} \geq a_{max,p}$, а землетрясение интенсивностью I_p является максимальным расчетным землетрясением на площадке, в баллах, на которое рассчитывается сооружение при $a_{max,p}$.

В этом случае для оценки максимально допустимого значения полной вероятности отказа сооружения $P(Q, I)$ с учетом возможности любого из k -х землетрясений $I = \{I_k\}$, $k = \overline{m, p}$, можно воспользоваться формулой полной вероятности в виде:

$$\sup P(Q, I) = \sum_{k=m}^p P(a_{max} \geq a_{max,p} | I_k) \cdot P(I_k), \quad (5)$$

где, с учетом формирования полной группы событий, вероятности:

$$P(I_k) = p(I_k) - p(I_{k+1}), \quad (6)$$

$p(I_k)$, $p(I_{k+1})$ – ежегодные вероятности превышения землетрясений интенсивностями I_k, I_{k+1} :

$$p(I_k) = 1/T(I_k), \quad p(I_{k+1}) = 1/T(I_{k+1}), \quad (7)$$

$T(I_k)$, $T(I_{k+1})$ – средние периоды повторения землетрясений интенсивностями I_k, I_{k+1} .

При максимальном расчетном землетрясении интенсивностью $I_p (k=p)$ вероятность $P(I_p) = p(I_p)$. Условие формирования полной группы событий на $I = \{I_k\}$, $k = \overline{m, p}$:

$$\sum_{k=m}^p P(I_k) = p(I_m). \quad (8)$$

Пример. Сооружение рассчитано на максимальное сейсмическое ускорение $0,1 \cdot g$ ($\sim 100 \text{ см/с}^2$), где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения. Площадка, на которой размещается сооружение, относится к зоне, где возможны сотрясения интенсивностью 7 баллов по шкале MSK-64 для средних грунтов. Пусть, максимальное расчетное землетрясение с интенсивностью сейсмических колебаний 7 баллов ожидается 1 раз в 5000 лет; с интенсивностью сейсмических колебаний 6 баллов – 1 раз в 1000 лет; с интенсивностью сейсмических колебаний 5 баллов – 1 раз в

500 лет; землетрясение с интенсивностью сейсмических колебаний 4 балла – 1 раз в 200 лет.

Согласно данным, представленным на рис.1, имеем вероятности превышения максимального сейсмического ускорения $a_{\max,p} = 0,1 \cdot g$ при землетрясениях интенсивностью $k = 7, 6, 5$ и 4 балла:

$$P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_7) = 0,80;$$

$$P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_6) = 0,25;$$

$$P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_5) = 0,10;$$

$$P(a_{\max} \geq a_{\max,p} | I_4) = 0,01.$$

С учетом (3), (6)÷(8) имеем вероятности $P(I_k)$: $P(I_7) = 2 \cdot 10^{-4}$, год $^{-1}$; $P(I_6) = 8 \cdot 10^{-4}$, год $^{-1}$; $P(I_5) = 10^{-3}$, год $^{-1}$; $P(I_4) = 3 \cdot 10^{-3}$, год $^{-1}$.

Используя формулу (5), получаем максимально допустимое значение полной вероятности отказа сооружения $P(Q, I)$ при землетрясении с учетом возможности любого из землетрясений интенсивностью $k = 7, 6, 5$ и 4 балла: $\sup P(Q, I_{7,6,5,4}) = 4,9 \cdot 10^{-4}$, год $^{-1}$.

Отметим, что максимально допустимое значение полной вероятности отказа сооружения $P(Q, I)$ при землетрясении с учетом возможности любого из землетрясений интенсивностью $k = 7, 6, 5$ и 4 балла, $\sup P(Q, I_{7,6,5,4}) = 4,9 \cdot 10^{-4}$, год $^{-1}$, больше максимально допустимого значения безусловной (полной) вероятности отказа сооружения при максимальном расчетном землетрясении, $\sup P(Q, I_7) = 1,6 \cdot 10^{-4}$, год $^{-1}$.

При этом «вклады» землетрясений различной интенсивности в оценку $\sup P(Q, I_{7,6,5,4})$ полной вероятности отказа сооружения соответственно составили: при 7 баллах – 33%; при 6 баллах – 41%; при 5 баллах – 20%; при 4 баллах – 6%. Более «рискованным» для сооружения оказалось землетрясение интенсивностью в 6 баллов.

В общем случае при оценке полной вероятности отказа сооружения $P(Q, I)$ могут учитываться: реакция объекта на сейсмические события разной интенсивности; спектральный состав различных землетрясений; последовательность разных характеристик сейсмической активности (моментов времени, мест, магнитуд, направлений и т.п.). Все эти факторы также могут выражаться через условные вероятности [6, 7]. Основы такого подхода к оценке сейсмического риска с учетом действия землетрясений разной интенсивности с использованием формулы полной вероятности были заложены в 60-х годах прошлого столетия и базировались они на работах Р. Уитмена и С. Корнелла [6].

Тем не менее, несмотря на перспективы, которые открывает количественное оценивание сейсмического риска в рамках вероятностного подхода [8], вопрос полезности таких оценок для решения практических задач минимизации сейсмической опасности все еще остается без ответа. Решение проблемы, по нашему мнению, здесь видится, прежде всего, в необходимости уточнения понятия сейсмического риска и его оценки в контексте принятия решений.

Многовековой опыт борьбы с последствиями землетрясений, накопленный человечеством, свидетельствует о том, что наиболее действенный способ их минимизации состоит в проведении заблаговременных и масштабных антисейсмических мероприятий еще при строительстве на сейсмоопасных территориях.

Антисейсмические мероприятия априори нуждаются в дополнительных затратах в сравнении со строительством в несейсмических районах. С точки зрения эффективности таких затрат они должны оправдываться снижением вероятных потерь (рисков ущерба) от землетрясений. При этом снижение вероятных потерь от землетрясений можно рассматривать как будущий эффект, а дополнительные затраты на антисейсмические мероприятия трактовать как составляющие сейсмического риска.

В условиях, когда роль экономической составляющей при решении проблем, связанных с безопасностью жизнедеятельности населения, возрастает, ключевым принципом обоснования решений относительно антисейсмических мероприятий может стать принцип разумно достижимого низкого уровня риска (*risk as low as reasonably practicable, ALARP*). В Великобритании и в других странах Британского Содружества этот принцип успешно практикуется в области промышленной безопасности с 70-х годов прошлого века [9].

В соответствии с принципом ALARP повышение безопасности населения и объектов в условиях природно-техногенного риска следует согласовывать с экономическими возможностями. Уровни сейсмического риска в сейсмически активных районах могут считаться приемлемыми во всех случаях, если они являются меньшими за установленную границу терпимости, и когда дальнейшее их уменьшение становится или практически невозможным при имеющихся экономических, технологических и др. условиях, или цена такого уменьшения становится непропорционально большой сравнительно с полученным повышением безопасности.

Принцип ALARP позволяет учитывать сложную природу сейсмического риска как объективно-субъективной категории, имеющей как отрицательную, так и положительную стороны. Сейсмический риск – это не только ожидание возможной расплаты за пренебрежение сейсмической опасностью. Это и пренебрежение возможной выгодой, которую можно получить от преодоления страха перед этой опасностью [10].

При принятии решений принцип ALARP относительно оценивания антисейсмических мероприятий можно в полной мере применить в рамках предложенного нами в [10] метода оценки полного риска альтернатив на основе их парного сравнения с учетом риска упущенных возможностей (упущенной выгоды).

Полный риск варианта относительно тех или иных антисейсмических мероприятий при этом будет включать две составляющие: собственный риск i -й альтернативы, формируемый дополнительными, в сравнении с некоторым базовым (нулевым) вариантом, обобщенными приведенными затратами $\Delta C_i = C_i - C_0$ на реализацию соответствующих антисейсмических мероприятий; риск упущенных возможностей, определяемый дополнительным, в сравнении с базовым вариантом, снижением вероятных потерь (риска ущерба) от землетрясений $\Delta L_j = L_0 - L_j$ при альтернативных j -х антисейсмических мероприятиях. Имеем полный риск i -го варианта антисейсмических мероприятий при его сравнении с j -й альтернативой

$$R_{i,j} = \Delta C_i + \Delta L_j, \quad (9)$$

и, полный риск j -й альтернативы в сравнении с i -й:

$$R_{j,i} = \Delta C_j + \Delta L_i, \quad (10)$$

где $\Delta C_i = C_i - C_0$, $\Delta L_j = L_0 - L_j$, $\Delta C_j = C_j - C_0$, $\Delta L_i = L_0 - L_i$; C_0 , C_i , C_j – обобщенные приведенные затраты на реализацию соответствующих альтернатив; L_0 , L_i , L_j – вероятные потери (риски ущерба) при землетрясениях; $i, j = 0, n$, $i \neq j$; n – количество вариантов.

На рис. 2 приводится фрагмент таблицы решений для сравнения альтернативных антисейсмических мероприятий a_i , a_j по обобщенным рискам $R_{i,j}$, $R_{j,i}$ при $C_0 = 0$.

$a_i \backslash a_j$	a_0	...	a_i	a_j	...
a_0	–	...	ΔL_i	ΔL_j	...
...	...	–
a_i	C_i	...	–	$C_i + \Delta L_j$...
a_j	C_j	...	$C_j + \Delta L_j$	–	...
...	–

Рис. 2. Фрагмент таблицы решений $\|R_{i,j}\|$ при $C_0 = 0$

Каждому из n вариантов антисейсмических мероприятий может приписываться $n-1$ значений полного риска $R_{i,j}$. Таблица решений (см. рис.2) строится с упорядочением альтернатив a_i , $i = \overline{0, n}$, по увеличению дополнительных затрат ΔC_i . Сравнивая альтернативы, начиная из пары (a_0, a_1) с рисками $R_{0,1}$, $R_{1,0}$, и т.д., в результате отбираем оптимальный вариант по критерию минимального полного риска $R_{i,j}$ [10].

Предложенный подход позволяет формализовать процесс принятия решений относительно антисейсмических мероприятий с учетом различных факторов сейсмического риска, таких как затраты на антисейсмические мероприятия, а затраты, бесспорно, являются факторами риска, и факторов, с которыми можно связать упущенные возможности, ради чего, собственно, антисейсмические мероприятия осуществляются. Такой подход будет стимулировать получение адекватных количественных оценок сейсмических рисков, поскольку только в процессе принятия решений оценки рисков приобретают реальное практическое значение.

Библиографический список

1. Уломов В.И. Проблемы сейсмического районирования территории России / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина // Всероссийский НИИ проблем научно-технического прогресса и информации в строительстве. – М.: ВНИИТПИ Госстроя России, 1999. – 56 с.
2. <http://seismos-u.ifz.ru/zoning.htm>
3. <http://seismos-u.ifz.ru/hazard.htm>
4. Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь: Что такое землетрясение и как к нему подготовиться / Дж. Гир, Х. Шах. – М.: Мир, 1988. – 220 с.
1. 5. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений / С.В. Поляков – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
5. Сейсмический риск и инженерные решения. Пер. с англ./ Под ред. Ц. Ломнитца, Э. Розенблюта. – М.: Недра, 1981. – 375 с.
6. Бугаенко С.Е. Прочность и надежность конструкций АЭС при экстремальных воздействиях / С.Е. Бугаенко, С.Л. Буторин, Г.С. Шульман, С.Г. Шульман. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 575 с.
7. <http://seismorus.ru/>
8. Маршалл В. Основные опасности химических производств / Маршалл В. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
9. Stefanyshyn D.V. A method of decision making at risk in natural resources use by pairwise comparison of alternatives with taking account of risks of lost opportunities / D.V. Stefanyshyn, Y.D. Stefanyshyna // Proc. of Int. Scientific School «Modelling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems». July 7-11, 2009. – Saint-Petersburg, Russia. P.P. 435-439.

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ АВАРИЙ НА ПЛОТИНАХ*

Прогнозирование аварий на плотинах является сложной системной задачей, отягощенной неопределенностью различной природы – стохастической и нестохастической, решение которой возможно только в рамках вероятностного подхода.

В последние годы нами рассматривалось несколько практических задач, связанных с оценкой вероятностей аварий на плотинах, которые эксплуатируются, строятся или проектируются в Российской Федерации и в странах бывшего СССР. Среди них – оценка вероятностей аварий на Бурейской и Мамаканской плотинах, гидросооружениях Ленинградской и Днестровской ГАЭС, Саратовского, Рогунского, Саяно-Шушенского и Нижне-Бурейского гидроузлов, Зарамагской ГЭС-1. Некоторые сведения о результатах этих исследований, о подходах, методах и моделях, которые при этом использовались, приводятся в [1-4].

Полученные результаты использовались при подготовке деклараций безопасности плотин, при обосновании решений по повышению их надежности и безопасности, при выборе вариантов гидросооружений.

В настоящей статье основное внимание уделяется развитию сценарного подхода к решению задач и использованию на его основе логико-вероятностных методов оценки вероятностей аварий на плотинах – методов деревьев отказов и деревьев событий.

Важность сценарного подхода к решению таких задач обусловливается тем, что аварии на плотинах носят системный характер, могут определяться разными природными и техногенными факторами, взаимодействием различных гидросооружений в составе гидроузлов и могут происходить по сценариям, зависящим от индивидуальных условий проектирования, строительства и эксплуатации сооружения. При расчетах вероятностей аварий на плотинах, как показывает опыт проведения таких исследований, недостаточно иметь репрезентативные выборки статистических данных об отказах и авариях на сооружениях, применять строгие математические методы, модели и современные вычислительные технологии при расчетах сооружений. При прогнозировании возможной аварии на плотине изначально приходится ориентироваться на системный анализ проблемы, что подразумевает и разработку гипотетических сценариев возможной аварии. Это связано с тем, что, во многих случаях, аварийные события на плотинах, учитывая уникальность этих сооружений и условий, в которых они проектируются, строятся и эксплуатируются, не

* *Стефанишин Д.В. Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства Национальной академии наук Украины, г.Киев*

всегда могут рассматриваться с точки зрения статистических фактов, а только как события-предположения. Сценарный подход при решении задачи вероятностного прогнозирования возможной аварии на плотине позволяет использовать синтез различных приемов и методов системного анализа: от эвристических приемов при раскрытии причинно-следственных связей до методов системно-структурного и абстрактно-логического анализа. При сценарном подходе как качество данных и математических моделей, так и обоснованность модельных сценариев аварии может определять адекватность результирующей оценки вероятности аварии на плотине, с учетом индивидуальных особенностей сооружения, его взаимодействия с другими гидросооружениями и объектами.

В результате сценарного моделирования отягощенная неопределенностью, многофакторная и, обычно, неструктурированная либо «слабо» структурированная задача прогнозирования аварии на плотине, может быть сведена к нескольким (за количеством гипотетических сценариев) «более структурированным» задачам прогнозирования, которые могут описываться более простыми математическими моделями с меньшим числом определяющих факторов и параметров.

Сценарный подход позволяет соединить возможности разных методов и моделей, используемых при оценке вероятностей отдельных аварийных событий на плотине, осуществить агрегацию моделей и синтез вероятностей, полученных для событий, инициирующих аварии либо способствующих их развитию. При оценке вероятностей отдельных аварийных событий, входящих в состав гипотетического сценария аварии, в зависимости от имеющихся данных, могут использоваться разные методы и модели: статистические; методы математической теории надежности; методы рандомизации традиционных детерминистических моделей и расчетных схем; логико-вероятностные методы (методы анализа деревьев событий, деревьев отказов) [5, 6]. При этом обобщение (агрегацию) вероятностей аварий по различным сценариям, как показывает опыт вероятностного прогнозирования, удобнее всего осуществлять логико-вероятностными методами (деревьев событий, деревьев отказов).

Метод деревьев событий

В основу метода деревьев событий по аналогии с деревом решений положен индуктивный анализ [6-8]. Дерево событий строится как бинарное граф-дерево, начиная с исходного аварийного события, способного инициировать аварийные процессы, на основе прямых логических размышлений, чтобы ответить на вопрос: «Что будет, если ...?». При этом могут отображаться как ветви (сценарии) развития возможных аварий-

ных ситуаций, вызываемых исходным аварийным событием, так и ветви, ведущие к затуханию аварийных процессов.

Разветвление дерева событий происходит в точках разделения сложного события на два несовместных события, более простых по сравнению с исходным событием. В результате на каждом этапе анализа в точках разделения ветвей формируются полные группы событий. Благодаря этому агрегация вероятностей реализации некоторых j -х несовместных веток (сценариев), ведущих к k -м формам аварии плотины в результате исходного i -го инициирующего аварийные процессы события, может осуществляться по формуле полной вероятности:

$$P(A_{ik}) = \sum_j P(A_{ik} | S_{ijk}) \cdot P(S_{ijk}), \quad (1)$$

где $P(A_{ik} | S_{ijk})$ – условная вероятность реализации k -й формы аварии для i -го события, инициирующего аварийные процессы за сценарием S_{ijk} ; вероятность $P(A_{ik} | S_{ijk})$ можно определять как вероятность превышения некоторой экстремальной случайной величиной (нагрузкой, влиянием, сочетанием нагрузок и т.п.) установленной допустимой границы, задаваемой, в общем случае, случайным образом [6]; $P(S_{ijk})$ – вероятность реализации события S_{ijk} (сценария аварии), предшествующего k -й форме аварии на плотине.

Для простейшего сценария, реализуемого в виде сочетания нескольких q -х элементарных независимых аварийных событий E_{ijkq} , обуславливающих возникновение и развитие этого сценария, вероятность

$$P(S_{ijk}) = \prod_q P(E_{ijkq}). \quad (2)$$

Для сценария, реализуемого в виде сочетания некоторого исходного независимого события $E_{0,ijk}$ и нескольких последовательно зависимых друг от друга аварийных событий вероятность

$$P(S_{ijk}) = P(E_{0,ijk}) \cdot P(E_{1,ijk} | E_{0,ijk}) \cdot P(E_{2,ijk} | E_{1,ijk}) \cdot \dots \quad (3)$$

В формулах (2), (3) $P(E_{ijkq})$, $P(E_{0,ijk})$ – вероятности аварийных событий E_{ijkq} , $E_{0,ijk}$; $P(E_{1,ijk} | E_{0,ijk})$, $P(E_{2,ijk} | E_{1,ijk}) \dots$ – вероятности перехода от события $E_{0,ijk}$ к событию $E_{1,ijk}$, от события $E_{1,ijk}$ к событию $E_{2,ijk}$ и т.д., с охватом всей цепочки аварийных событий, моделирующих наступление события (сценария) S_{ijk} .

Полная вероятность аварии в результате i -го аварийного события, инициирующего аварию, в случае независимости и совместности нескольких сценариев, можно оценить по формуле:

$$P(A_i) = 1 - \prod_k [1 - P(A_{ik})]. \quad (4)$$

Ниже приводится пример использования метода деревьев событий при оценке вероятности одного из гипотетических сценариев аварии (далее аварии A_1) на Саяно-Шушенской плотине. Сценарий был утвержден в качестве одного из расчетных на Техническом совещании в ОАО «Ленгидропроект» в ноябре 2009 г. для подготовки Декларации безопасности гидросооружений Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) на период временной эксплуатации берегового водосброса и восстановленных гидроагрегатов ГЭС с 01.06.10 г. по 01.10.11 г. Формулировался сценарий аварии A_1 следующим образом: «В результате землетрясения левобережный склон примыкания плотины приходит в состояние предельного равновесия. Происходит потеря устойчивости скального склона в примыкании плотины и его разрушение с нарушением монолитности тела плотины выше отметки 479 м. Разрушение напорного фронта на длине 150 м (секции 6-15) с образованием прорана и волны прорыва».

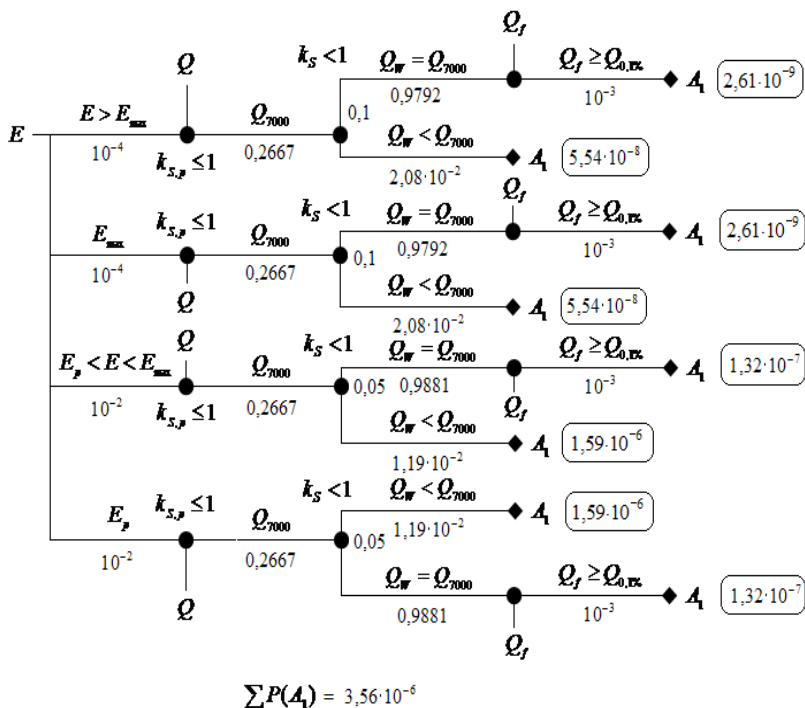


Рис. 1. Дерево событий для оценки вероятности аварии на Саяно-Шушенской плотине в результате землетрясения (сценарий A_1)

Дерево событий для оценки вероятности аварии на Саяно-Шушенской плотине в результате землетрясения приводится на рис. 1.

На рис. 1 приводятся следующие события, связанные с реализацией анализируемого сценария аварии:

E – землетрясение;

$E > E_{\max}$ – землетрясение, превышающее максимальное расчетное землетрясение (МРЗ); при периоде повторяемости МРЗ равном 10000 лет имеем вероятность возникновения сейсмических событий 10^{-4} , год $^{-1}$;

E_{\max} – МРЗ; при периоде повторяемости МРЗ равном 10000 лет имеем вероятность возникновения сейсмического события 10^{-4} , год $^{-1}$;

$E_p < E < E_{\max}$ – землетрясение, превышающее проектное землетрясение (ПЗ), но меньшее МРЗ; при периоде повторяемости ПЗ равном 100 лет вероятность возникновения сейсмических событий 10^{-2} , год $^{-1}$;

E_p – ПЗ; при периоде повторяемости ПЗ равном 100 лет имеем вероятность возникновения сейсмического события 10^{-2} , год $^{-1}$;

$k_{s,p} = 1$ – левобережный склон примыкания плотины приходит в состояние предельного равновесия;

Q – приток в водохранилище;

Q_{7000} – уровень воды в водохранилище на момент землетрясения соответствует сбросному расходу 7000 м 3 /с; при оценке вероятности события Q_{7000} учитывалось, что за период работы СШГЭС с 1979 г. по 2009 г. указанный сбросный расход превышался во время весеннего половодья 7 раз, во время дождевых паводков – 1 раз; имеем расчетную вероятность события 0,2667;

$k_s < 1$ – потеря устойчивости склона; с запасом по риску при уровне воды в водохранилище, который соответствует сбросному расходу 7000 м 3 /с, и МРЗ вероятность события $k_s < 1$ принималась равной 0,1; то же с запасом по риску при ПЗ вероятность события $k_s < 1$ принималась равной 0,05; такие значения вероятностей для события $k_s < 1$ соответствуют достижению состояния предельного равновесия при расчетах устойчивости по методу предельных состояний при особом и основном сочетаниях нагрузок и воздействий, соответственно;

$Q_w < Q_{7000}$ – отказ водосбросного фронта с невозможностью аварийной сработки водохранилища; оценка вероятностей события $Q_w < Q_{7000}$ осуществлялась методом деревьев отказов (см. ниже расчетные модели на рис. 2); полная вероятность $Q_w < Q_{7000}$ при МРЗ составила $2,08 \cdot 10^{-2}$, при ПЗ – $1,19 \cdot 10^{-2}$;

$Q_w < Q_{7000}$ – аварийная сработка водохранилища обеспечивается; вероятности $Q_w < Q_{7000}$ определялись как дополнение вероятностей $Q_w < Q_{7000}$ до единицы; при МРЗ имеем 0,9792, при ПЗ – 0,9881;

Q_f – паводок;

$Q_f \geq Q_{0,1\%}$ – паводок, равный расчетному паводку 0,1% вероятности превышения либо больше его; вероятность события 10^{-3} , год $^{-1}$;

A_1 – разрушение напорного фронта на длине 150 м (секции 6-15) с образованием прорана и волны прорыва в результате потери устойчивости скального склона в примыкании плотины и его разрушение с нарушением монолитности тела плотины выше отметки 479 м.

В результате расчета модельного дерева событий (см. рис. 1) были получены вероятности развития аварии на Саяно-Шушенской плотине в результате землетрясения по различным сценариям A_1 и полная (суммарная) вероятность гипотетической аварии A_1 , равная $3,56 \cdot 10^{-6}$, год $^{-1}$.

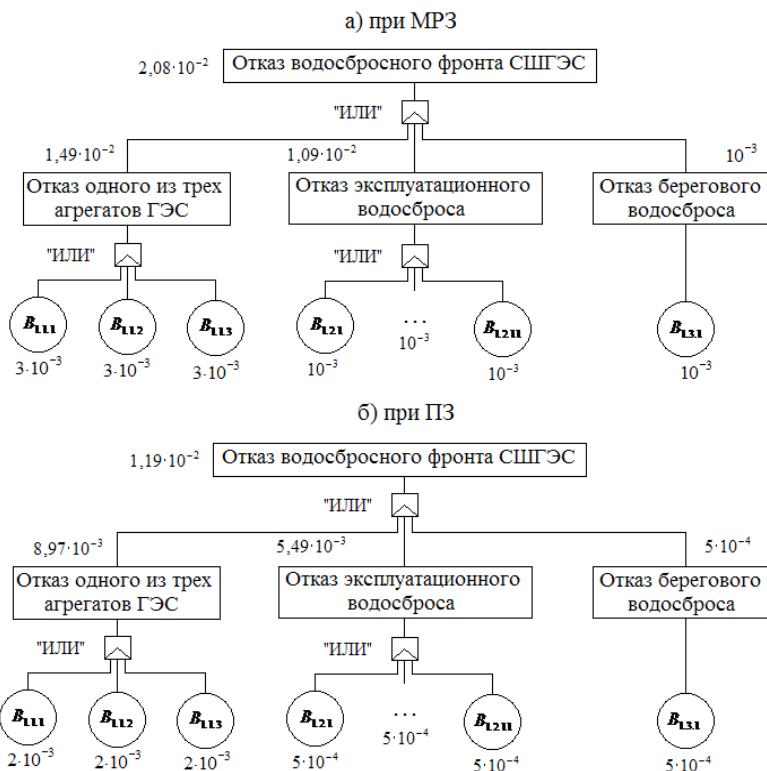


Рис. 2. Дерево отказов для оценки вероятностей события $Q_w < Q_{7000}$ – «отказ водосбросного фронта и невозможность аварийной сработки водохранилища»: а – при МРЗ; б – при ПЗ

Метод деревьев отказов

В основу метода деревьев отказов положен дедуктивный анализ [6-8]. При этом различные события, связанные с возможной аварией на плотине, разделяются:

- на базовые (исходные) события и состояния, вероятности этих событий устанавливаются до расчета дерева отказов; на диаграмме дерева отказов изображаются окружностями с одним выходом;
- головное (вершинное, результирующее) событие-следствие дерева отказов, определяемое логикой взаимодействия всех аварийных событий и состояний, включаемых в диаграмму дерева отказов; на диаграмме головное событие изображается прямоугольником с одним «входом»;
- промежуточные события-следствия, представляющие собой результаты логического взаимодействия нескольких входных событий; вероятности событий-следствий устанавливаются в зависимости от действия логических операторов (символов-операторов) (см. ниже таблицу); на диаграмме дерева отказов промежуточные события-следствия изображаются прямоугольниками с одним «входом» и одним «выходом»;
- события-условия, при реализации которых создаются предпосылки для развития аварии; вероятности событий-условий устанавливаются до расчета дерева отказов; на диаграмме дерева отказов условия изображаются округленными прямоугольниками с боковым «входом».

Используются также символы переноса (в виде треугольников), отображающие перенесение логической связи (определенной ветви дерева отказов) с одной точки диаграммы в другую и символы для нераскрытых на момент построения дерева отказов событий (в виде ромбов) [6-8].

Среди логических операторов при построении деревьев отказов наиболее часто используются [6-8]:

"ИЛИ" (отвечает логической операции «дизъюнкция»);

"И" (отвечает логической операции «конъюнкция»);

"ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ИЛИ" (отвечает логической операции «исключительная дизъюнкция»);

"БЛОКИРОВКА" (отвечает логической операции «импликация»).

Могут использоваться и другие логические операторы, в частности, "ЧАСТИЧНАЯ БЛОКИРОВКА", " M ИЗ N " и др. [6-8].

Ниже приводится пример использования метода деревьев отказов при оценке вероятности отказа водосбросного фронта СШГЭС (событие $Q_w < Q_{7000}$). Моделировалась ситуация невозможности аварийной сработки водохранилища при повреждении Саяно-Шушенской плотины в результате землетрясения (см. сценарий на рис. 1).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Логические операторы и оценка вероятностей
событий-следствий методом деревьев отказов

Наименование логического оператора	Формулы для расчета вероятностей событий-следствий
"ИЛИ"	$P(A) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P(B_i)) \quad (5)$
"И"	$P(A) = \prod_{i=1}^n P(B_i) \quad (6)$
"ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ИЛИ"	$P(A) = \sum_{i=1}^n P(B_i) \quad (7)$
"БЛОКИРОВКА"	$P(A) = P(B) \cdot P(C) \quad (8)$
"ЧАСТИЧНАЯ БЛОКИРОВКА"	$P(A) = P(B_1) \cdot P(C) + P(B_2) \cdot (1 - P(C)) \quad (9)$
В формулах (5)÷(9) вероятности: $P(B_i)$ – исходного i -го события B ; $p(C)$ – условия C ; $P(A)$ – результирующего события A	

При оценке вероятности события $Q_w < Q_{7000}$ – «отказ водосбросного фронта и невозможность аварийной сработки водохранилища» (см. рис. 2) рассматривались следующие базовые события, которые изображались на диаграммах деревьев отказов окружностями:

1) $B_{1.1.1}$, $B_{1.1.2}$, $B_{1.1.3}$ – отказы агрегатов ГЭС по пропускной способности; вероятности событий $B_{1.1.1}$, $B_{1.1.2}$, $B_{1.1.3}$ при МРЗ принимались равными 0,003; при ПЗ – равными 0,002 – вероятностям отказа направляющего аппарата [7];

2) $B_{1.2.1}$ ÷ $B_{1.2.11}$ – отказы механического оборудования эксплуатационного водосброса при маневрировании затворами; вероятности $B_{2.1}$ ÷ $B_{2.11}$ при МРЗ принимались равными 10^{-3} ; при ПЗ – $5 \cdot 10^{-4}$ [6];

3) $B_{1.3.1}$ – отказ механического оборудования берегового водосброса при маневрировании затвором; вероятность события $B_{3.1}$ при МРЗ принималась равной 10^{-3} ; при ПЗ – $5 \cdot 10^{-4}$ [6].

Таким образом, сценарный подход позволяет осуществить синтез вероятностей аварийных событий, полученных с помощью разных методов, в том числе и методами деревьев событий и деревьев отказов. В рамках сценарного подхода можно учесть сложность иерархической структуры плотины как системы, реализовать принципы иерархии и наименьшего взаимодействия. В частности, при чрезмерной сложности

иерархической структуры сооружения при решении задачи может использоваться агрегирование событий методом деревьев отказов. В свою очередь принцип наименьшего взаимодействия в системе реализуется в рамках метода деревьев событий. В результате синтеза этих двух методов в рамках сценарного подхода можно обеспечить адекватность результирующей оценки вероятности аварии на плотине с учетом ее индивидуальных особенностей, взаимодействия с другими гидросооружениями и объектами.

Библиографический список

1. Стефанишин Д.В. Некоторые результаты оценки вероятности аварии на плотине Бурейской ГЭС / Д.В. Стефанишин // Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. 2008. Т. 251. С.10-17.
2. Stefanyshyn D.V. Assessment of accident risks to support safety of the Boureya dam / D.V. Stefanyshyn // Proc. of Int. Scientific School "Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems". June 24-28, 2008. Saint-Petersburg, Russia. P.P. 377-382.
3. Стефанишин Д.В. Вибрані задачі оцінки ризику та прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності / Д.В. Стефанишин. – К.: Азимут-Україна, 2009. – 103 с.
4. Стефанишин Д.В. Вероятностное моделирование гипотетических сценариев двух нетиповых аварий на гидроэнергетических объектах при отказах автоматики / Д.В. Стефанишин, Е.Г. Романчук: [Эл. документ] // Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2011. (<http://pamag.ru/pressa/vmgs-heo>).
5. Стефанишин Д.В. Статистические оценки живучести плотин при авариях / Д.В. Стефанишин: [Эл. документ]// Предотвращение аварий зданий и сооружений. – 2011. (<http://pamag.ru/pressa/stat-ocenka-plotina>).
6. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин // СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2002. – 589 с.
7. Kumamoto H., Henley E.J. Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists / H. Kumamoto, E.J. Henley // New York. IEEE Press. 1996. – 597 p.
8. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management. Trans. of the 20-th Int. Congress on Large Dams. Vol. 1. Q. 76. 19-22 September. Beijing-China. 2000. – 896 p.

УСИЛЕНИЕ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА ПОД КОЛОННУ*

В связи со сменой собственника и перепрофилированием технологии было выполнено обследование технического состояния строительных конструкций двухпролетного здания. Ширина пролетов по 18 м. Каркас стальной. Колонны сплошного составного двутаврового сечения: полки – 500×30 и стенка – 440×12 мм. Шаг колонн – 12 м, по крайним рядам дополнительно установлены стойки продольного фахверка из 22 (рис. 1).

Несущие и ограждающие конструкции покрытия представлены стропильными и подстропильными фермами, прогонами, связями, стальным профилированным настилом и собраны в монтажные блоки размерами в плане 18×12 м. Кровля мягкая, рулонная с эффективным утеплителем.

Пространственная устойчивость и жесткость здания обеспечены жестким сопряжением колонн с фундаментами.

Здание отапливаемое, возведено в 1993 г. в г.Екатеринбурге. Рабочий проект, как и документы на строительство и эксплуатацию здания, утрачены.

Фундаменты под колонны и грунты основания обследованы вскрытием двух фундаментов, по одному на среднем и крайнем рядах (см. рис. 1).

Лабораторными исследованиями установлено, что основанием фундаментов служит элювиально-болотный суглинок, пестроцветный, среднепучинистый с расчетным сопротивлением $R_0=0,25$ МПа по таблице 3, приложения 3 СНиП 2.02.01-83* [1]. Грунтовые воды на уровне вскрытия (-1,0 м) не встречены.

Прочность бетона фундаментов измерена мобильными приборами неразрушающего метода совместно с прибором местного разрушения – отрыва со скалыванием в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53778-2010. Фактическая (замеренная) прочность бетона фундамента соответствует классу прочности В25.

Конструкция фундаментов имеет следующие особенности:

- форма плоской плиты размерами 3,0×3,0×0,5 (h) м по среднему ряду и 3,0×1,5×0,5 (h) м по крайним рядам вместо традиционной ступенчатой формы;
- мелкое заложение подошвы – всего 0,8 м от уровня пола вместо 2,0...2,2 м по крайним рядам для условий района строительства и пучинистого грунта;
- рабочая арматура из стержней $\varnothing 16$ А-III в виде сетки с ячейкой 300×300 мм расположена в верхней зоне плитного фундамента вместо нижней зоны (рис. 2).

* *Ягофаров Х., Ягофаров А.Х. ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург*

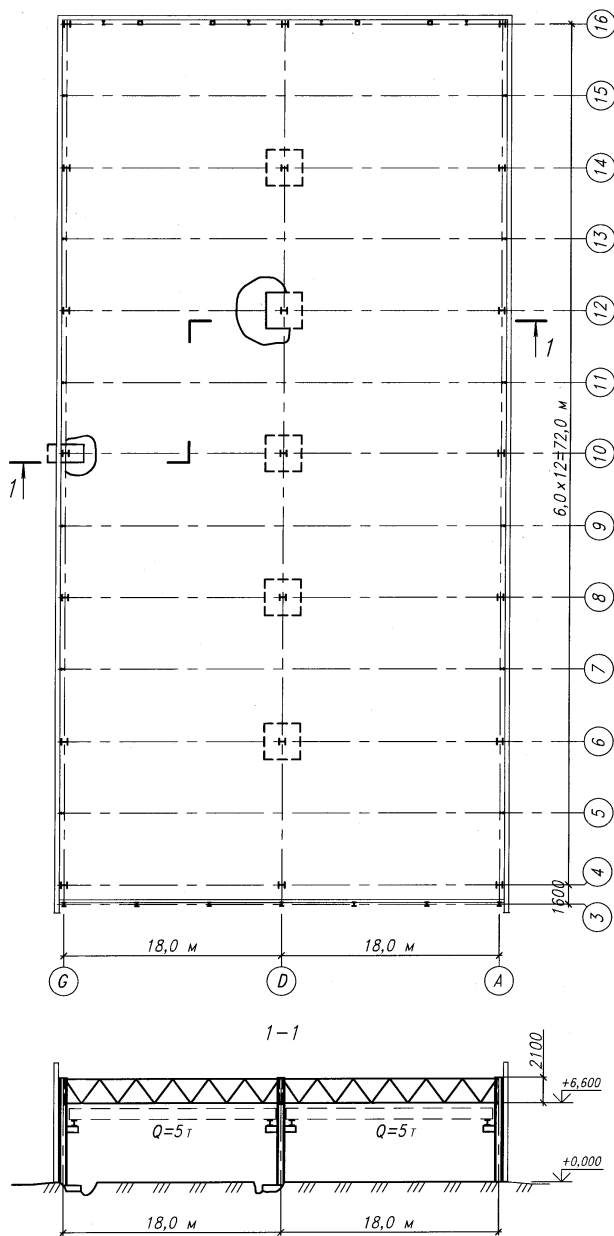


Рис. 1. План и поперечный разрез здания. Схема расположения открытых и усиленных фундаментов

Последнюю особенность следует классифицировать как осознанный брак, в результате которого фундамент из железобетонного превратился в бетонный.

Поверочные расчеты показали, что прочность фундаментов среднего ряда недостаточна для восприятия не только проектируемых (новых) нагрузок, но даже существующих (по оригинальному проекту).

Тем не менее, почти за 20 лет эксплуатации здания признаков разрушения или неравномерных подвижек фундаментов вследствие пучения грунта не обнаружено.

Дальнейшая нормальная эксплуатация здания возможна после усиления фундаментов среднего ряда и утепления фундаментов крайних рядов.

Фундаменты утеплены плитами экструдированного пенополистирола снаружи здания с устройством бетонной отмостки.

Наиболее рациональным приемом усиления плитных фундаментов среднего ряда является перераспределение сосредоточенной силы от колонны на периферийные зоны фундаментов, что позволяет существенно уменьшить расчетный изгибающий момент в плите фундамента. Идея была реализована креплением четырех консолей вылетом 1 м каждая к базе колонны. Консоли из 25К2 размещены в толще пола (300 мм) и увеличивают площадь распределения нагрузки от колонны.

С целью немедленного включения в работу консоли установили с предварительным нагружением (рис. 3). Для этого на концы консолей 3 прикрепили кронштейны 4, снабженные болтами 5 и гайками 6 так, что при закручивании болта гайка поднимает конец консоли, то есть нагружает ее. Опорная плитка 7 призвана передать усилие предварительного нагружения на бетон фундамента.



Рис. 2. Общий вид фундамента после вскрытия. В верхней зоне видны арматурные стержни

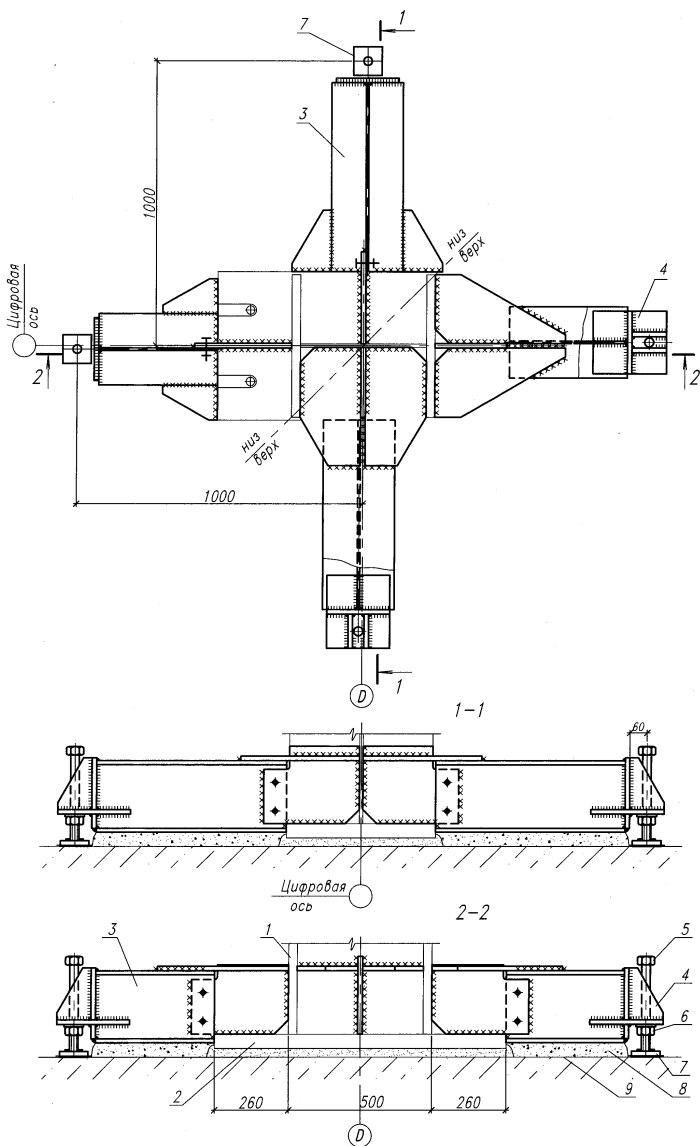


Рис. 3. Конструкция усиления фундамента:

- 1 – колонна; 2 – опорная плита колонны размером 1020×520×50;
 3 – элемент консоли, ·25К2; 4 – кронштейн; 5 и 6 – болт М30, класс 8.8 и гайка
 для предварительного нагружения консоли; 7 – опорная плита;
 8 – цементно-песчаный раствор; 9 – верхний обрез фундамента

Расчетные усилия в колонне равны $N=1,15$ МН и $M=0,06$ МН·м, в том числе продольное усилие от постоянных нагрузок $N_{пн}=0,8$ МН. Расчетное усилие предварительного нагружения каждой консоли принято не более $F_{пн} \leq 0,18$ МН из условия предотвращения случайного отрыва колонны усилиями предварительного нагружения консолей при отсутствии временных нагрузок.

Серьезной проблемой при производстве работ явилось измерение усилий предварительного нагружения консоли. Из возможных приемов использовали метод измерения усилия через момент закручивания болта, используемый во фрикционных соединениях [3]. Момент закручивания высокопрочного болта для получения требуемого усилия натяжения болта определяется по формуле [4, 5]

$$M_{кр} = F_{пн} \cdot K \cdot d,$$

где $F_{пн} = 180$ кН – расчетное усилие предварительного нагружения консоли;

$K = 0,14 \dots 0,2$ – коэффициент трения [4] (коэффициент закручивания [5]);

$d=30$ мм – номинальный диаметр болта.

При закручивании высокопрочного болта преодолевается усилие трения по резьбе и головке болта (гайки) о шайбу.

В данном случае присутствует только трение по резьбе, следовательно коэффициент закручивания будет меньше, примерно до двух раз. Момент закручивания болта рассчитан для $K=0,1$.

$$M_{кр} = 180 \cdot 0,1 \cdot 0,03 = 0,54 \text{ кН} \cdot \text{м} = 54 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Предварительное нагружение консолей производили при отсутствии временных нагрузок одновременно всех консолей. Нагружение производили в пять этапов с «отдыхом» между этапами в течение 10-15 минут, во время которого визуально оценивали состояние конструкций. После окончания процесса предварительного нагружения зазоры между нижней полкой консолей и верхом фундаментов заполнили цементно-песчаным раствором, а затем консоли обетонировали с устройством бетонного пола.

В результате площадь базы колонны увеличилась за счет консольных участков, которые в полной мере включились в работу за счет предварительного нагружения.

Расчетная схема системы колонна – консоли – фундамент – грунт на воздействие эксплуатационных нагрузок представлена на рис. 4. Расчетное усилие предварительного нагружения на концах сохраняется ($F_{пн}=0,18$ МН), а каждая консоль дополнительно воспринимает линейную нагрузку со средним значением, равным $q \approx 0,05$ МН/м. Среднее зна-

чение отпора грунта сохраняется прежним, то есть как в оригинальном проекте и с учетом дополнительных нагрузок оно равно.

$$\sigma_{\phi} = N / A_{\phi} = 1,15 / 3 \cdot 3 = 0,13 \text{ МПа.}$$

Консоли усиления делят фундаментную плиту на четыре одинаковых квадратных участка, которые взаимодействуют друг с другом по неразрезной схеме, то есть статическая схема плиты преобразилась в благоприятную сторону, что обеспечило ее прочность на изгиб по расчету.

Результаты расчетов по программе Лира в упругой стадии отражены на рис. 5 и 6.

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы.

Распределение изгибающих моментов в проектном фундаменте неравномерно от 300 до 80 кН·м со средним значением примерно $M=200$ кН·м. После усиления моменты в фундаменте выравниваются при среднем значении $M=60$ кН·м. Таким образом, расчетное значение изгибающего момента в усиленном фундаменте уменьшилось более, чем в три раза.

Предельный изгибающий момент для бетонного фундамента составляет [6]

$$M_{uf} = R_{bt} \cdot W,$$

где $R_{bt} = 1,05$ МПа – класс прочности бетона В25;

$$W = 1 \cdot 0,5^2 / 3,5 = 0,072 \text{ м}^3.$$

Тогда

$$M_{uf} = 1,05 \cdot 0,072 = 0,076 \text{ МН} \cdot \text{м} = 76 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 60 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Вывод: Прочность усиленного фундамента обеспечена. Расчетный прогиб проектной фундаментной плиты составил 0,75 мм, а усиленной - 0,2 мм.

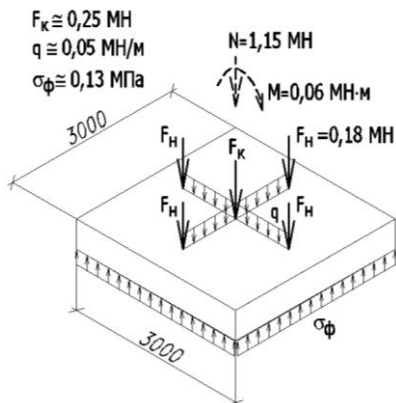


Рис. 4. Расчетная схема системы «колонна с консолями – фундамент» на расчетные эксплуатационные нагрузки

Предотвращение аварий зданий и сооружений

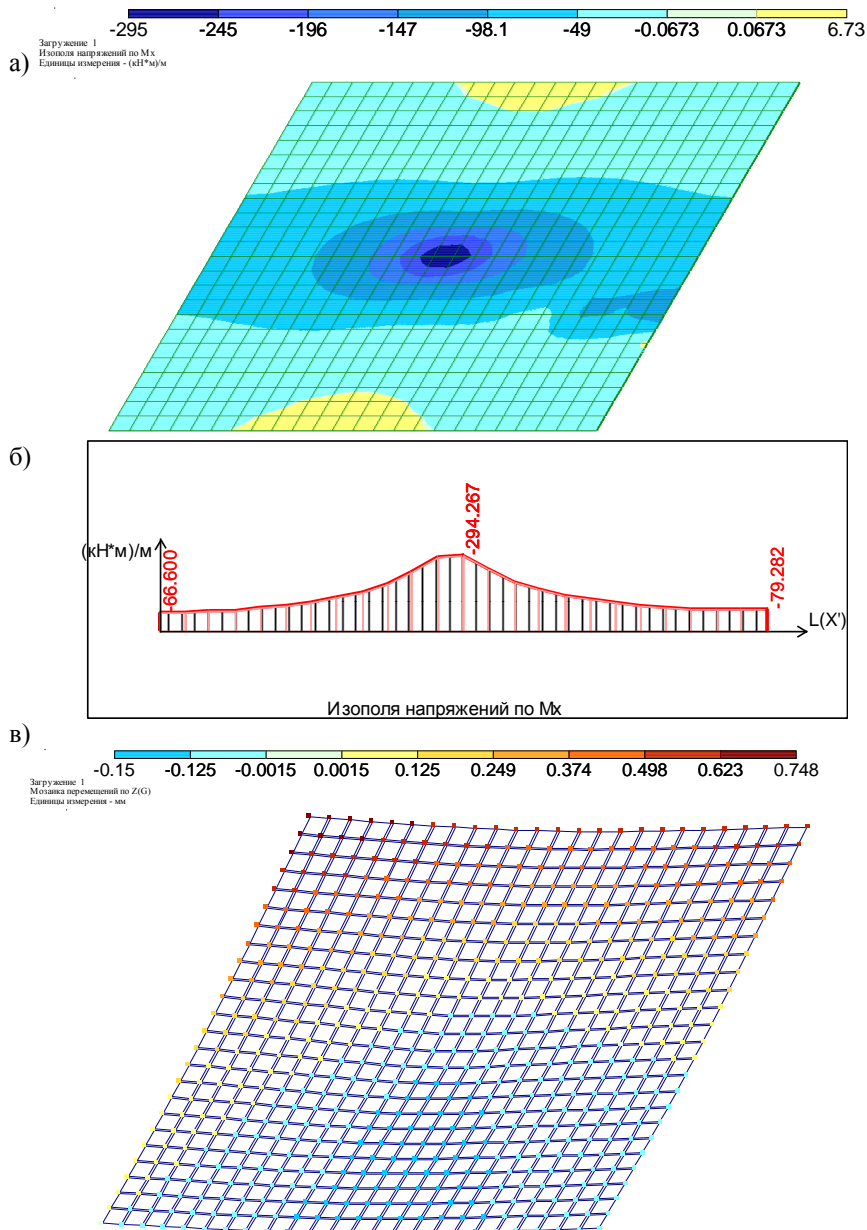


Рис. 5. Результаты расчета фундамента до усиления:
а и б – изгибающие моменты; в – прогибы

Предотвращение аварий зданий и сооружений

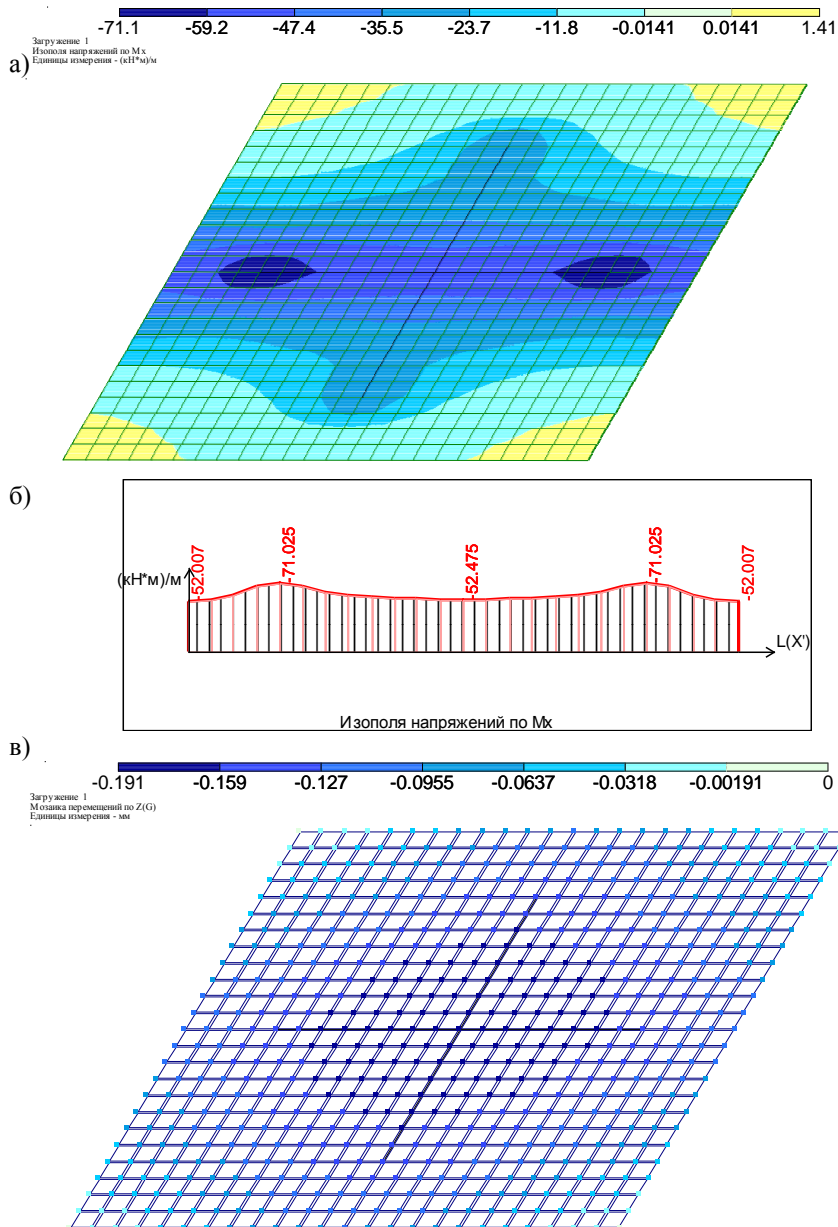


Рис. 6. Результаты расчета фундамента после усиления:
а и б – изгибающие моменты; в – прогибы

Библиографический список

1. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 48 с.
2. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2010. – 59 с.
3. Мельников Н. П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. – М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.
4. ГОСТ 22356-77. Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические условия – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
5. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. Минрегион России. – М.: 2010. – 173 с.
6. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. – 214 с.

АНАЛИЗ РИСКА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДО НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

В России создана, функционирует и развивается уникальная по протяженности, производительности и безопасности система магистральных трубопроводов (МТ). Анализ аварийности показывает, что аварии с гибелью людей на российских МТ достаточно редки [1], однако в условиях их прокладки вблизи населенных пунктов, объектов производственной и транспортной инфраструктуры не исключена возможность поражения людей при аварии.

Одной из важных проблем обеспечения промышленной и пожарной безопасности при проектировании и строительстве МТ является установ-

* *Савина А.В., Лисанов М.В., Сумской С.И. АНО «Агентство исследований промышленных рисков», Центр анализа риска ГК «Промышленная безопасность», г.Москва*

ление минимальных безопасных расстояний* от оси МТ до соседних сооружений и объектов. Требования к обоснованию минимальных безопасных расстояний, в том числе на основе моделирования и расчета последствий аварий, содержатся в ряде нормативных правовых документов [2-4].

Рассмотрение существующих подходов и анализ возможных способов определения безопасных расстояний от МТ до объектов воздействия (населенных пунктов, производственной и транспортной инфраструктуры) указывает на их непосредственное сопоставление с возможными зонами действия поражающих факторов аварий на МТ, которые устанавливаются на основе:

- фактических данных о зафиксированных при авариях зонах поражения («апостериорный» подход);
- расчетов максимальных размеров зон поражения;
- количественной оценки риска (КОР) аварий.

Достоверность данных в первом случае базируется на представительности статистических данных об известных крупных авариях на МТ, во втором – на расчете и моделировании последствий аварий с наиболее протяженными зонами поражения, в третьем – на учете вероятности возникновения аварии с определенными последствиями и использовании критериев приемлемого (допустимого) риска. В любом из этих подходов могут использоваться «коэффициенты запаса», компенсирующие неполноту существующих знаний и представлений.

Рассмотрим применение обозначенных выше подходов к установлению минимальных безопасных расстояний для разных видов МТ (газо-, нефтепроводы, трубопроводы сжиженных углеводородных газов**) и определим, в каких случаях преимущественно используются обозначенные выше подходы к установлению минимальных безопасных расстояний.

Наиболее распространенным и устоявшимся способом является определение безопасных расстояний исходя из опыта происшедших аварий на аналогичных объектах. Этот подход частично (совместно с моделированием последствий) реализован в пп. 3.16, 12.3* СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы»***.

* Под минимальным безопасным расстоянием понимается минимальное допустимое расстояние от оси линейной части магистрального трубопровода до соседних зданий, строений, сооружений, населенных пунктов, транспортных путей, устанавливаемое в целях обеспечения безопасности людей.

** В том числе трубопроводы, транспортирующие широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ).

*** Согласно реформе технического регулирования табл.4* и 20* СНиП 2.05.06-85*, регламентирующие минимальные расстояния от оси МТ до населенных пунктов, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений, исключены из Перечня национальных стандартов и сводов правил, обязательных для применения, по распоряжению Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. №1047-р.

Анализ происшедших достаточно многочисленных аварий на магистральных газопроводах (МГ) показывает, что размеры зон поражения людей (разлет осколков, тепловое излучение от горения струй) лежат в диапазоне от 100 до 350 м от оси трубы и определяются в первом приближении диаметром и давлением в трубопроводе. В данном случае достаточно представительная статистика аварий не требует, как правило, применения дополнительных «коэффициентов запаса» по безопасности, и минимальные безопасные расстояния принимаются эквивалентными максимальным наблюдавшимся зонам поражения [5].

Опыт аварии под Уфой в 1989 г. обозначил повышенную опасность выбросов сжиженных углеводородных газов (СУГ), связанную с мгновенным вскипанием перегретых жидкостей и образованием протяженных облаков тяжелых газов, способных распространяться у поверхности земли с сохранением способности к воспламенению на расстоянии в несколько километров [6]. Следствие этой катастрофы – десятикратное увеличение нормативных значений безопасных расстояний от МТ СУГ до объектов с присутствием людей.

Второй способ установления минимальных безопасных расстояний для МТ – расчет зон поражения при максимальной гипотетической аварии (МГА) с рассмотрением конкретного участка трубопровода (профиль трассы, задвижки и т.д.), свойств транспортируемых углеводородов, технологических параметров перекачки, условий окружающей среды и действий по локализации и ликвидации аварии. «Коэффициент запаса» по безопасности в этом случае неявно заложен в допущениях и предположениях о возникновении и развитии аварии и определяется степенью пессимистичности при выборе рассчитываемого сценария МГА.

Данный детерминистский подход основан на расчете сценария с полным разрушением МТ и максимальной дальностью распространения поражающих факторов при аварийных выбросах опасных веществ.

В табл. 1 приведены примеры рассчитанных по программному комплексу ТОКСИ+ [7, 8] зон смертельного поражения человека при авариях на отдельных участках МТ по данным деклараций промышленной безопасности и отчетам по КОР.

Среди основных поражающих факторов, характерных для аварий на МГ, наиболее значимым по размерам зон поражения является термическая радиация от горящих струй газа, а для магистральных нефтепроводов (МН) и МТ СУГ – термическая радиация при воспламенении облаков топливно-воздушных смесей (ТВС).

Таблица 1

Последствия аварии	Поражающий фактор	Зона действия поражающего фактора, м
МГ DN 600, P = 5,7 МПа		
Расширение газа	Барическое воздействие	5
Осколки	Механическое воздействие	30
Горение струи	Термическое воздействие	250
Пожар в котловане	То же	130
МН DN 1000, P = 6,3 МПа		
Пожар пролива	Термическое воздействие	140
Воспламенение облака ТВС	То же	200
МТ ШФЛУ DN 700, P = 5,5 МПа		
Пожар пролива	Термическое воздействие	200
Воспламенение облака ТВС	То же	2400
Горение струи	– «–»	300

Основанный на анализе последствий аварии подход также применим для определения безопасных расстояний для «типового» участка МГ, так как расстояния, установленные по расчетам термического поражения от горящих струй газа, незначительно отличаются от расстояний, зарегистрированных при авариях, а результаты расчета по модели [9] имеют меньший набор исходных данных и принятых допущений по сравнению с моделями расчета последствий аварий на МН и МТ СУГ.

Третий способ обоснования минимальных безопасных расстояний основан на использовании КОР, позволяющей оценить возможность возникновения аварии, в том числе МГА.

На рассматриваемом участке трассы МГ рассчитываются варианты выброса для всего диапазона размеров дефектных отверстий (от свища до гильотинного разрыва трубопровода) и все возможные исходы аварий. При моделировании распределения в пространстве зон действия поражающих факторов учитываются вероятность возникновения аварии и условная вероятность развития аварии по тому или иному сценарию. Критерии поражения человека определяются по пробит-функции.

В качестве безопасного принимается расстояние, на котором рассчитанное значение потенциального риска гибели человека не превышает уровня, заданного в качестве допустимого. Согласно п. 4.2.6 Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01) критерии приемлемости риска аварии определяются на основе нормативных правовых документов (например, для МТ горючих веществ целесообразно учитывать критерии [4]) или обосновываются в проектной документации, исходя из опыта эксплуатации аналогичных объектов.

Практика использования КОР [10, 11] по модели, основанной на [9, 12], при декларировании и разработке специальных технических условий показала, что размер зон поражения и тяжесть последствий при авариях на МТ, определяющие минимальные безопасные расстояния, связаны с технологическими параметрами трубопровода (диаметр, давление), характеристиками перекачиваемого продукта, в том числе пожаро-, взрывоопасными или токсическими свойствами, агрегатным состоянием в трубопроводе (газ, жидкость, в том числе сжиженный газ); особенностями окружающей местности (рельеф); метеоусловиями (температура воздуха, скорость и направление ветра, стратификация (устойчивость) атмосферы); уязвимостью объектов воздействия (наличие селитебных зон, производственных объектов, транспортной инфраструктуры); эффективностью системы обнаружения и ликвидации утечки, действий персонала.

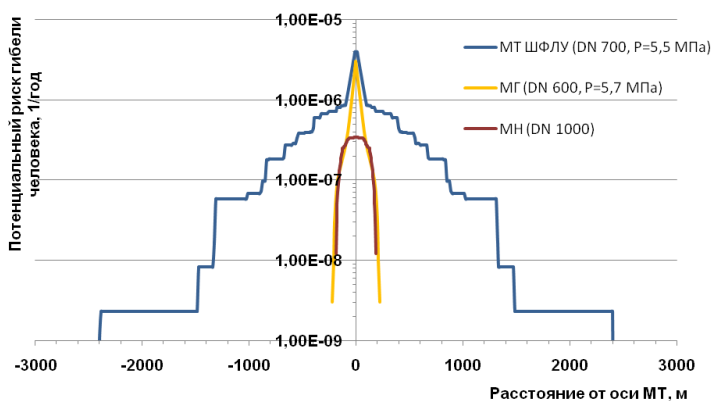
Отметим, что значимость указанных факторов зависит от вида МТ (МГ, МН или МТ СУГ). Например, основными факторами, определяющими сценарии развития аварий на МГ и зоны поражения людей, являются: несущая способность грунта, давление в месте разрыва, расположение места разрыва относительно компрессорных станций и линейных запорных кранов, а метеорологические факторы (скорость и направление ветра, класс стабильности атмосферы, влажность воздуха) влияют незначительно [9].

Напротив, для МТ СУГ, наибольшая аварийная опасность которых определяется возможностью дрейфа и воспламенения облаков ТВС, размеры зон поражения существенно зависят от метеорологических факторов в момент аварии. В табл. 2 представлены расчеты размеров зоны дрейфа облака пропана при различных метеоусловиях, полученные по РД-03-26-2007 [13].

На графике ниже (см. рисунок) представлены зависимости потенциального риска гибели людей при авариях на отдельных участках МТ СУГ (ШФЛУ), МГ и МН от расстояния до оси этих трубопроводов.

Таблица 2

Метеорологические условия*	Условная вероятность реализации метеоусловий для данной местности	Расстояние дрейфа, на котором достигается концентрация 0,5 НКПВ, м
1 F	0,05	2400
1 A	0,05	1500
3 D	0,4	1050
5 D	0,4	850
10 D	0,1	650



По графику видно, что для МГ и МН вероятностные оценки для определения безопасных расстояний не требуются: в связи с резким спадом потенциального риска в проекции поперек оси трубопроводов, безопасные расстояния, определенные по детерминистскому и вероятностному подходам, практически совпадают. В то время как зоны действия поражающих факторов аварий на МГ СУГ варьируются от нескольких сот метров до 2,5 км, при этом потенциальный риск различается на данных расстояниях на два-три порядка.

В табл. 3 представлены нормативные и расчетные значения минимальных безопасных расстояний, полученные при КОР проектируемых и реконструируемых продуктопроводов ШФЛУ.

* Скорость ветра (м/с) на высоте 10 м и класс устойчивости атмосферы по Паскулу [14].

Таблица 3

Параметры трубопровода	Район прокладки трубопровода	Расстояние по СНиП 2.05.06-85* (до населенных пунктов), м	Зона действия поражающих факторов при МГА, м	Расстояние, м, на котором достигается потенциальный риск гибели человека, год ⁻¹		
				$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
DN 250, P _{раб} = 1,8 МПа	Самарская обл.	2000–3000	1050	990	460	230
DN 500, P _{раб} = 3,3 МПа	Ямало-Ненецкий автономный округ	Не определено (для продуктопроводов DN 400 минимальные расстояния сближения с населенными пунктами составляют 3000–5000 м)	1150	1000	600	250
DN 700, P _{раб} = 5,5 МПа	Ханты-Мансийский автономный округ		2400	1340	850	350

Расчеты минимальных безопасных расстояний с использованием методологии количественного анализа риска аварий показывают, что для современных продуктопроводов СУГ размеры аварийно-опасных зон для пребывания людей не превышают 1,4 км с интенсивностью смертельного травмирования $1 \cdot 10^{-8} \text{год}^{-1}$, тогда как детерминистские расчеты дают оценку размеров зон смертельного поражения до 2,4 км. Соотношения размеров зон, рассчитанных по разным подходам, зависят от вероятности возникновения аварии, рассматриваемой в качестве МГА.

Таким образом, из анализа нормативной базы, аварий и результатов расчета последствий аварийных выбросов опасных веществ и оценки риска аварий на МТ можно сделать следующие выводы:

1. Установлено влияние на размеры зон поражения и безопасных расстояний технологических параметров трубопровода, характеристик перекачиваемого продукта, особенностей окружающей местности, метеусловий и иных факторов. Значимость указанных факторов зависит от вида МТ (МГ, МН или МТ СУГ), поэтому для решения практических задач необходимы анализ опасности конкретных участков МТ и обоснованный выбор критериев безопасности.
2. Применение методологии количественной оценки риска позволяет обосновывать минимальные безопасные расстояния, размер которых может быть существенно меньше нормативных [5] или определенных исходя из зон поражения при МГА.

3. Представленные результаты предлагается использовать при разработке нормативных документов по безопасности объектов трубопроводного транспорта, в том числе законопроекта – Технического регламента о безопасности магистральных трубопроводов для транспортировки жидких и газообразных углеводородов и Правил безопасности для магистральных трубопроводов.

Библиографический список

1. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта / М.В. Лисанов, А.В. Савина, Д.В. Дегтярев, Е.А. Самусева // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – №7. – С. 16-22.
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2010. – №1. – Ст. 5.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» // Рос. газ. – №4598. – 2008. – 27 фев.
4. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2008. – № 30. – Ст. 3579.
5. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы. – М.: Госстрой, 1998.
6. Бесчастнов М.В. Оценка опасности перегретых жидкостей в трубопроводных системах большой протяженности // Безопасность труда в промышленности. – 1990. – №12. – С. 19-24.
7. Сравнение результатов моделирования аварийных выбросов опасных веществ с фактами аварий / С.И. Сумской, К.В. Ефремов, М.В. Лисанов, А.С. Софьин // Безопасность труда в промышленности. – 2008. – №10. – С. 42-50.
8. Сравнение результатов расчетов последствий аварийных выбросов опасных веществ по программным комплексам ТОКСИ+ и PHAST / М.В. Лисанов, К.В. Ефремов, С.И. Сумской, В.А. Пантелеев // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – №2– С. 56-60.
9. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».
10. Анализ риска аварий на магистральном трубопроводе, транспортирующем широкую фракцию легких углеводородов / С.И. Сумской, А.В. Пчельников, Е.Л. Шанина и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – №2. – С. 48-52.

11. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности / М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – №3. – С. 58-66.
12. РД-13.020.00-КТН-148-11. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах.
13. РД-03-26-2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ, утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 декабря 2007 г. №859. Серия 27. Выпуск 2 / Колл. авт. – М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2008. – 124 с.
14. Pasquill F. Atmospheric Diffusion. – New York: J. Wiley, 1974. – 429 p.

Раздел IV.
НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

В строительстве находят применение различные конструкции зданий и сооружений. С развитием строительного дела и техники постоянно возникает необходимость в совершенствовании их свойств. В частности, требуются увеличение срока эксплуатации, снижение веса, стоимости, обеспечение экологической безопасности и т.д. Это относится и к современным техническим сооружениям, подверженным высоким нагрузкам и агрессивному воздействию окружающей среды.

Повышение долговечности и защита от коррозионного износа строительных конструкций промышленных зданий и сооружений являются наиболее актуальными проблемами современного строительства и эксплуатации как в России, так и во всем мире. По вопросам улучшения качества материалов и повышения срока службы конструкций как в процессе нового строительства, так и при их эксплуатации и реконструкции с 10 по 12 октября 2007 года в г. Санкт-Петербурге состоялась Международная конференция «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве» – МКДЗК-07.

Основываясь на анализе представленных материалов, заслушанных докладов и выступлений в дискуссиях, конференция отметила направления дальнейшего научно-технического прогресса. Одним из этих направлений является переработка действующего СНиП 2.03.11-85 с учетом всех научных и практических достижений в области повышения долговечности и защиты от коррозии с введением раздела «Реконструкция и восстановление конструкций, работающих в условиях воздействия агрессивных сред».

* *Гатауллин И.Н. г.Казань*

Следует отметить, что одному из разработчиков СНиП 2.03.11-85 «Строительные нормы и правила. Защита строительных конструкций от коррозии» доктору технических наук, профессору Андрею Иовичу Голубеву, много лет проработавшему заведующим отделом антикоррозионной защиты строительных конструкций Центрального научно-исследовательского и проектного института строительных металлоконструкций им. Н.П. Мельникова, в 2011 году исполнилось 100 лет со дня рождения.

Агрессивные условия эксплуатации промышленных зданий и сооружений приводят к ускоренному выходу из строя строительных конструкций. В связи с этим необходимо более тщательно исследовать условия эксплуатации конструкций, точнее определять и прогнозировать напряженно-деформированное состояние с учетом коррозии, выявлять зоны локальных концентраторов и т.д.

Для обеспечения безопасной работы конструкций зданий и сооружений, для предотвращения техногенных аварий и экологических катастроф важно не только хорошо спроектировать конструкцию, но и регулярно проводить обследование их реального состояния, перерасчеты на прочность с учетом изменения геометрических параметров и металлографических свойств за счет коррозии, старения материала и износа в процессе эксплуатации. Необходимо больше внимания уделять противокоррозионной защите. Представляется целесообразным разработать систему автоматизированного проектирования (САПР) противокоррозионной защиты. Это способствовало бы получению экономических способов защиты, сокращению сроков на их разработку, повышению качества проектных работ.

Решая задачу, поставленную Международной конференцией «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве» – МКДЗК-07 и перед следующей Всероссийской конференцией по проблемам долговечности и защиты от коррозии, мною разработана система автоматизированного проектирования противокоррозионной защиты металлических конструкций (САПР «Противокоррозионная защита»).

Для автоматизированного проектирования противокоррозионной защиты металлических конструкций с помощью ЭВМ разработана реляционная база данных (РБД) и средства манипулирования данными под названием САПР «Противокоррозионная защита».

База данных представляет собой компьютерный аналог организованной информации. На персональных компьютерах наибольшее применение нашли СУБД, поддерживающие реляционную модель данных. Реляционная модель позволяет построить базу данных из отношений. Понятие *отношения* (relation) удобно описывается обычной таблицей.

Реляционная база данных – это совокупность взаимосвязанных отношений. Отношение – это совокупность записей одинаковой структуры, организованная в логически обособленный набор данных. Отношение имеет всего два измерения и состоит из фиксированного числа столбцов и произвольного числа строк. Столбцы отношения называются *атрибутами или полями*. Атрибуты имеют имена – заголовки. Каждая отдельная запись отношения называется *кортежем или записью*. В табличном представлении картежи отношения имеют одинаковую структуру. Это означает, что составляющие кортеж отдельные атрибуты имеют одинаковые тип и длину и занимают одно и то же положение во всех кортежах отношения. Каждый атрибут имеет имя, которое должно быть уникальным в отношении.

Отношения РБД хранятся независимо друг от друга, а их взаимосвязь задается извне и выявляется СУБД во время манипулирования данными или выполнения других функций СУБД. Связь между отношениями РБД задается через их атрибуты. Один и тот же атрибут может принадлежать нескольким отношениям РБД, тогда их взаимосвязь устанавливается по его значениям. Таким образом, реляционный подход позволяет образовать новые отношения из уже существующих отношений. При этом допустимо формирование одного отношения - результата из нескольких отношений – источников.

Реляционная модель легко корректируется и дополняется в случае появления новых данных о взаимодействии металлических конструкций и агрессивной среды.

В настоящей работе САПР «Противокоррозионная защита» разработана в среде СУБД Microsoft Access. Access одна из самых мощных программ управления базами данных. К тому же Access является одной из самых удобных и простых приложений Microsoft Office.

Реляционная база данных (РБД) содержит следующие данные:

1. Степени агрессивного воздействия газов, твердых сред (солей, аэрозолей и пыли), неорганических и органических жидких сред, грунтов на металлические конструкции и изделия.
2. Способы защиты от коррозии металлических конструкций и изделий методами металлизации и лакокрасочными покрытиями.
3. Системы лакокрасочных покрытий (группа, индекс, число покрывных слоев, общая толщина лакокрасочного покрытия).
4. Лакокрасочные материалы для защиты металлических конструкций, изделий (марка материала, тип связывающего, нормативный документ, цвет и стоимость лакокрасочного покрытия).
5. Общие данные о лакокрасочных материалах (расход материала, адрес изготовителя, источник информации и примечания по использованию лакокрасочных материалов).

Предотвращение аварий зданий и сооружений

6. Единые районные единичные расценки на проведение противокоррозионных работ, территориальные районы и коэффициенты к расценкам.
7. Долговечность (срок службы) защитных покрытий в зависимости от степени агрессивного воздействия среды.

Реляционная модель данных САПР «Противокоррозионная защита» содержит более тридцати взаимно связанных отношений (рис. 1). Реляционная модель может быть легко откорректирована в случае появления новых данных о взаимодействии металлических конструкций, изделий и агрессивной среды, так как позволяет дополнять данные и изменять структуру прикладных программ, использующих эти данные.

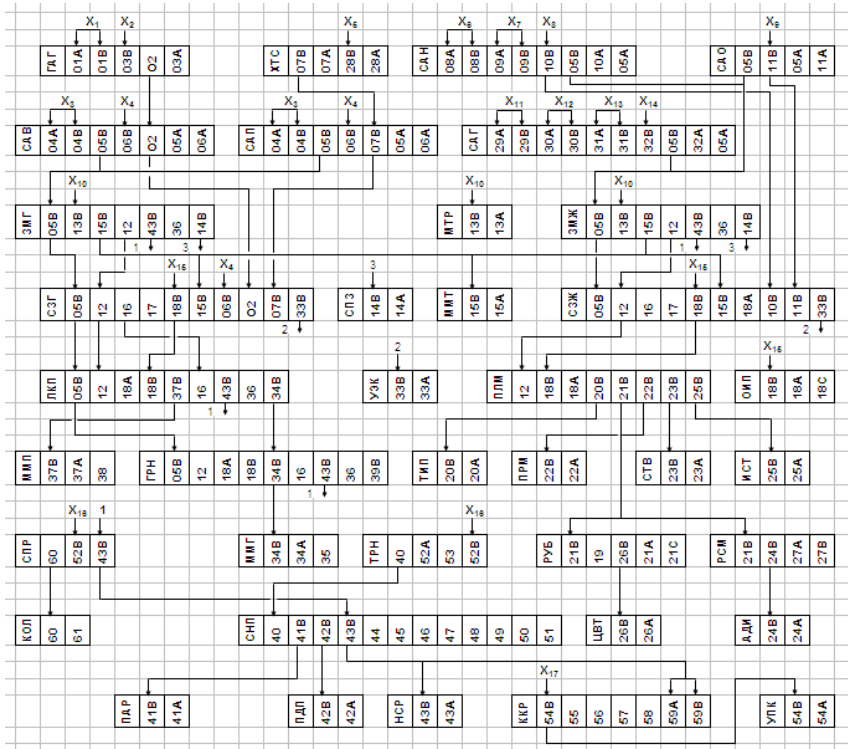


Рис. 1. Реляционная модель данных

Данными для РБД «Противокоррозионная защита» являются глава СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», сборник 13 единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы СНиП 1У-5-82 «Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии», преysкуранты на лакокрасочные материалы

и другие литературные источники, которые хранятся в виде тридцати двух отношений.

Для получения нужной информации из РБД САПР «Противокоррозионная защита» необходимо определить исходные данные. Исходными данными для реализации запросов являются: материал конструкций и место их расположения, температурно-влажностный режим, характеристика твердых сред (солей, аэрозолей и пыли), воздействие органических, неорганических жидких сред и грунтов, водородный показатель pH , суммарная концентрация сульфатов и хлоридов, территориальный район и коэффициенты к расценкам.

Исходные данные описывают 17 факторов:

- X1 – концентрация газа;
- X2 – код наименования газа;
- X3 – относительная влажность воздуха;
- X4 – код места расположения конструкций;
- X5 – код твердой среды;
- X6 – водородный показатель;
- X7 – суммарная концентрация сульфатов и хлоридов;
- X8 – код неорганической жидкой среды и грунта;
- X9 – код органической жидкой среды;
- X10 – код материала конструкций;
- X11 – средняя годовая температура воздуха;
- X12 – водородный показатель грунтовых вод;
- X13 – суммарная концентрация сульфатов и хлоридов грунтовых вод;
- X14 – код места расположения грунта;
- X15 – индекс покрытия;
- X16 – код страны СНГ, республики, области, края и автономной республики;
- X17 – код условия применения коэффициентов к расценкам.

Из них определяют:

- X1, X2, X3, X4 – агрессивное воздействие газовой среды;
- X3, X4, X5 – агрессивное воздействие твердых сред;
- X6, X7, X8 – агрессивное воздействие неорганических жидких сред;
- X9 – агрессивное воздействие органических жидких сред;
- X11, X12, X13, X14 – агрессивное воздействие грунтов;
- X10 – материал металлических конструкций;
- X15 – индекс покрытия;
- X16 – территориальный район страны СНГ, республики, области, края и автономной республики;
- X17 – коэффициенты к расценкам.

Средства манипулирования данными позволяют получить из РБД необходимую информацию, соответствующую исходным данным: сте-

пень агрессивного воздействия среды, способы защиты от коррозии, системы лакокрасочных покрытий, данные о лакокрасочных материалах, расценки на проведение противокоррозионных работ, сроки службы защитных покрытий, средние годовые затраты на всевозможные варианты защитных покрытий и другая необходимая информация.

САПР «Противокоррозионная защита» обеспечивает выбор оптимального варианта защиты от коррозии металлических конструкций с учетом условий их эксплуатации, вида агрессивной среды и требуемой стойкости покрытия.

Полное описание САПР «Противокоррозионная защита» представлено в четвертой главе книги: Информационные технологии: приоритетные направления развития: монография / О.В. Вильчинская, И.Н. Гатауллин, С.О. Головинов и др. / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Книга 5. – Новосибирск: Издательство «СИБПРИНТ», 2010. – 261с.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ НАДЗОРА ЗА ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ*

Введение

В данной статье рассмотрен комплекс вопросов, связанных с продлением срока службы зданий и сооружений, с надзором за состоянием эксплуатируемых объектов:

- требования к обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений в действующих Законах и ТНПА;
- правила технической эксплуатации и оценки технического состояния и износа зданий, методы инвентаризации и оценки недвижимости;
- квалификация и компетентность персонала эксплуатирующих и обследовательских (экспертных) организаций, требования к их организационной и технической готовности выполнять данные виды работ;
- контроль за соблюдением установленных требований к техническому обслуживанию, надзору и ремонту зданий и сооружений, восстановлению их эксплуатационных качеств. Роль государственных органов в решении перечисленных вопросов.

* *Казачек В.Г. ГП «Институт НИПТИС им. С.С.Атаева», г.Минск*

В статье показано отсутствие четкой системы взаимоувязанных положений по всему комплексу рассматриваемых проблем, слабое взаимодействие различных ведомств при разработке нормативной базы и недостаточный государственный контроль в рассматриваемой сфере. Даны предложения по совершенствованию процедур и повышению качества надзора за зданиями и сооружениями. Предложены пути регулирования деятельности по их обследованию.

Состояние вопроса

Планирование и снижение затрат на обеспечение функционирования зданий и сооружений невозможно без создания эффективной системы технической эксплуатации, основой которой являются оценка и регулирование износа зданий, их срока службы, периодичности ремонтных работ. На это нацелена введенная в действие на территории Евросоюза в 2010 г. система стандартов ISO 1586 (части 1-8) «Здания и недвижимое имущество. Планирование срока службы». Основная цель данных документов – создание механизма выработки правил и мер, гарантирующих соблюдение требований Директивы 89/106/ЕЭС и требований национальных регламентов в части обеспечения безопасности существующих зданий и сооружений в течение всего периода службы, оптимизации технического обслуживания и ремонта [1]. В Республике Беларусь на основании обобщения предшествующего опыта бывшего СССР в 2005-2008 гг. разработана система ТНПА, регламентирующая общие принципы организации и проведения надзора за зданиями и сооружениями, правила их обследования и технической эксплуатации, установлена концепция и терминология, связанная с видами работ, проводимых в процессе эксплуатации зданий и сооружений [2, 3]. С учетом реальной ситуации в Республике Беларусь установлены минимально необходимые требования, которые обязаны соблюдать владельцы зданий, государственные и ведомственные структуры. Однако до настоящего времени общая ситуация с техническими и экономическими проблемами в области эксплуатации производственных, жилых и общественных зданий и сооружений, эффективности вложений в сферу обслуживания недвижимости улучшается слишком медленно. Без коренного перелома ситуации на основе внедрения инновационных технологий и методов планирования технической эксплуатации с жестким контролем безусловного выполнения необходимых мероприятий наше отставание от передовых стран будет возрастать [2].

Технический регламент 2009/013/ВУ «Здания и сооружения строительные, материалы и изделия. Безопасность» (в дальнейшем – ТР) обязывает соблюдать существенные требования безопасности объекта на

этапе эксплуатации, что должно отражаться в техническом паспорте здания. Однако процедура оценки соответствия, организации и органы, ее осуществляющие и контролирующие не установлены. Анализ сложившейся практики контроля за соблюдением правил технической эксплуатации, оценки их технического состояния, степени износа, выполнения паспортизации и в целом технической инвентаризации недвижимости показывает, что существующая система неэффективна и затратна. Многие вопросы дублируются различными ведомствами. На практике отсутствует четкая система ответственности, надзора за состоянием объектов недвижимости, в том числе на законодательном уровне. Наличие многочисленных норм, инструкций и т.п. не должно нас успокаивать, так как они в большинстве своем не соблюдаются из-за отсутствия организационной, технической, а часто и финансовой возможности. Очевидно, что требования по обеспечению безопасности объектов с одной стороны должны быть безусловно обеспечены, но с другой стороны следует учитывать реальные возможности вовлеченных в эту сферу субъектов хозяйствования. По сути, проблемы обеспечения надежности и долговечности зданий пока решаются их владельцами на основе собственных представлений, в зависимости от их компетентности и просто порядочности. Известно, что ведомственный (внутренний) контроль часто неэффективен и при отсутствии внятного внешнего (независимого) контроля любая система начинает плохо функционировать. Мировая практика свидетельствует, что в такой ситуации дата очередной аварии на технических объектах является открытой [3]. Закон Республики Беларусь об архитектурной, строительной и градостроительной деятельности в статье 65 устанавливает обязанности собственников при эксплуатации объектов и требует участия представителя соответствующего органа государственного надзора в работе комиссий по оценке технического состояния зданий в выявлении дефектов и т.п. (пп.3, 4). Собственник зданий обязан выполнять требования территориальных органов архитектуры и градостроительства и иных государственных органов, осуществляющих надзор за эксплуатацией возведенных объектов строительства (п.5). Однако таких специализированных органов, способных квалифицированно контролировать правила эксплуатации зданий пока не существует.

Отсутствие продуманной стратегии в этом вопросе наглядно проявляется при паспортизации и технической инвентаризации зданий и сооружений, которую в настоящее время проводят органы по государственной регистрации Госкомимущества Республики Беларусь. Изучение соответствующих инструкций, анализ практики паспортизации показывают, что выдаваемые БРТИ документы – это не те паспорта, о которых идет речь в ТР 2009/013/ВУ. Фактически они выполняют лишь регистрационную функцию, хотя регистрация – это только один их элементов ин-

вентаризации. «Инструкция о порядке проведения технической инвентаризации и проверке характеристик капитальных строений (зданий и сооружений), незавершенных законсервированных капитальных строений, изолированных помещений» (2010 г.) требует, наряду с обмерами, выполнения обследования здания с оценкой его состояния (по действующим ТНПА Минстройархитектуры), сверку его показателей с предыдущими данными, вычисление износа отдельных элементов и здания в целом. Однако эта важнейшая для владельцев здания информация в паспорте БРТИ практически отсутствует. Обследование, фактически, не выполняется и не может быть качественно выполнено в соответствии с существующими в Госкомимуществе нормами, формами и техническими возможностями служб БРТИ. Сведения о конструкциях и их состоянии по «Инструкции» должны быть изложены в описательной форме, а не в соответствии с требованиями к содержанию материалов обследования по действующим ТНПА. Формы паспортов не позволяют даже кратко отразить результаты оценки состояния конструкций, обозначить виды дефектов и места их расположения, выполнить классификацию дефектов и технических состояний конструкций. Указывается только износ всего здания, что абсолютно недостаточно для владельцев, которые должны иметь всю информацию о техническом состоянии здания для его эффективной эксплуатации. В целом сведения, содержащиеся в паспортах БРТИ и инвентаризационных делах, не соответствуют требованиям, изложенным в ТНПА, разработанных Минстройархитектуры и не позволяют выполнять качественную инвентаризацию, накапливать и анализировать данные об изменении технического состояния зданий, планировать мероприятия по ремонтно-восстановительным работам, по продлению срока службы зданий, что является основной целью инвентаризации. Не улучшают ситуацию и рекомендации, изложенные в проекте ТКП «Техническая инвентаризация недвижимого имущества» разработанного в Национальном кадастровом агентстве. Так, изложенные в ТКП методы оценки физического износа по многим положениям не стыкуются с методами, приведенными в документах, разработанных Госстандартом для оценки стоимости объектов, как объектов недвижимого имущества (СТБ 52.3.01-2011, ТКП 52.3.01-2011 и др.) Вообще, на наш взгляд существующая система оценки стоимости строений запутана и излишне усложнена. Приближенные методы оценки, применяющиеся в органах технической инвентаризации используются в дальнейшем лишь для целей налогообложения, кредитования и т.д., в то время как для оценки коммерческой стоимости объектов недвижимого имущества по вышеназванным документам используются более точные методы и результаты оценки, как правило, существенно отличаются, что может приводить к различным злоупотреблениям.

При разработке рекомендаций к содержанию паспортов в ТНПА МАиС мы полагали, что требования строительных норм будут во взаимодействии с заинтересованными ведомствами (в том числе с Госкомимущества) реализованы при разработке конкретных форм и методологии ведения единых технических паспортов для зданий и сооружений различного назначения, в которых наряду с регистрационными данными будет приведена полноценная техническая информация, соответствующая требованиям регламента ТР 2009/013/ВУ. Однако, до сих пор этого не сделано, и собственники зданий вынуждены нести существенные затраты на периодическое составление паспортов БРТИ, являющихся по сути лишь регистрационным документом. В последнее время требования об обязательном обновлении данных содержания паспортов зданий каждые 5 лет вообще исключены из руководящих документов Госкомимущества. Для решения практических вопросов оценки состояния конструкций, их соответствия установленным требованиям и т.п. приходится заказывать дополнительно полноценное обследование здания (общее или детальное) специализированным организациям с последующим составлением паспортов с учетом требования МАиС, содержащих всю необходимую информацию для качественной инвентаризации. Кстати, на практике органы БРТИ при регистрации многих объектов требует от владельца (в соответствии с перечнем документов, утвержденным исполкомами) справку о возможности безопасной эксплуатации зданий по назначению. Для этого, строго говоря, требуется во многих случаях детальное обследование, так как здания часто вообще не осматривались специалистами с момента постройки. Таким образом, очевидно, что многие работы, по сути, дублируются. Неэффективно задействовано множество людских и финансовых ресурсов. Мы убеждены, что технический паспорт должен быть единым и включать в себя как регистрационный раздел, так и периодически дополняемый инвентаризационный раздел с фиксацией всех изменений в техническом состоянии и параметрах конструкций и помещений, содержать технические данные, установленные системой ТНПА МАиС. Такой паспорт, находящийся у владельца здания, будет важным рабочим инструментом планирования мероприятий по продлению срока службы недвижимости, оптимизации эксплуатационных затрат и т.д.

Следует отметить, что многие положения технического регламента ТР 2009/013/ВУ, касающиеся содержания технических паспортов и в целом, надзора за эксплуатируемыми зданиями и сооружениями, не соответствуют действующим ТНПА, и на наш взгляд, должны быть пересмотрены. Так, пункты 1 и 3 статьи 1 Регламента распространяются на стадии проектирования, строительства, эксплуатации и демонтажа зданий и сооружений. Однако при этом основные требования (п.6 раздела 5) относятся только к этапам проектирования и строительства и должны га-

рантировать безопасность при дальнейшей эксплуатации, которую выполняет владелец объекта. При этом остается неясно, кто и каким путем контролирует то, насколько тщательно владельцы зданий обеспечивают условия, при которых приведенные в п.6.1 риски не превышают допустимые значения. Известно, что начальные показатели эксплуатационных качеств всех элементов зданий деградируют со временем. Соответствующие процедуры оценки (подтверждения) их соответствия установленным требованиям в ТР не прописаны. Следует иметь в виду, что, кроме периодических обследований, для подтверждения соответствия существующих зданий установленным требованиям, должны приводиться и предпроектные обследования перед капитальным ремонтом или реконструкцией объекта. В существующем тексте ТР материалы изысканий, детальных предпроектных или периодических общих обследований не включены в обязательный перечень комплекта технической документации.

Имеются определенные несоответствия в требованиях к содержанию технического паспорта здания (сооружения) между ТР и действующими ТНПА по технической эксплуатации, разработанными в ТКС-12 МАиС Республики Беларусь. Так, в ТКП 45-1.04-208-2010 изложены общие требования к содержанию и построению технических паспортов зданий любого назначения. В ТКП 45-1.04-78-2007 в приложении дана типовая форма (макет) паспорта здания производственного назначения в которой, кроме других обычных сведений, даны таблицы для определения объемов ремонтных работ, необходимых ресурсов и т.д. Изменение технического состояния (износа) отдельных конструкций, инженерных систем и здания в целом предлагается фиксировать в карточках, являющихся приложением к паспорту. Установлена периодичность внесения изменений в паспорт. Все эти данные отсутствуют в требованиях к содержанию паспорта в ТР.

В ТНПА МАиС установлено, что ведомственные инструкции по технической эксплуатации, формы паспортов зданий, сооружений и производственные инструкции с учетом их специфики должны быть разработаны соответствующими ведомствами, в кооперации с органами, занимающимися паспортизацией и, возможно, с участием МАиС. До сих пор, таких предложений в Минстройархитектуры не поступало. Изложенное свидетельствует об отсутствии целенаправленной работы в Республике Беларусь по приведению системы паспортизации зданий и их технической эксплуатации к уровню современных требований. Активная работа в данном направлении проводится в Украине и в России, в странах Прибалтики, опыт которых следует изучить.

В связи с отменой лицензирования, либерализацией в целом законодательства в области строительства, значительно возрастает нагрузка на органы Госстройнадзора и Госстройэкспертизы в области повышения

качества строительства и ремонта, снижения его стоимости и сокращения сроков. В ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» в свое время был создан Экспертный Совет по координации, совершенствованию и повышению научно-технического уровня работ по обследованию и реконструкции зданий и сооружений (ЭС), который выполнял все предлицензионные и текущие проверки экспертных организаций, формировал их перечень, имеет своих представителей во всех регионах Республики.

В сложившихся условиях мы видим несколько направлений реализации накопленного Экспертным Советом большого опыта в данной сфере:

1. По действующим положениям комиссией по расследованию аварий на эксплуатируемых объектах, как правило, руководит владелец здания, который часто не заинтересован в объективном рассмотрении дела. В таких условиях целесообразно установить обязательное включение в состав комиссий представителей ЭС, которые бы под руководством органов Госстройнадзора занимались техническими вопросами в процессе расследования, профессионально анализировали его материалы, готовили независимые заключения, накапливали данные для последующей подготовки ежегодных сборников по анализу аварий, как это принято, например, в РФ.

2. В настоящий момент органы Госстроэкспертизы по объективным причинам, как правило, не дают оценку качества предпроектных обследований зданий и сооружений, их соответствия действующим ТНПА, а лишь проверяют, насколько рекомендации технических заключений учтены в проекте реконструкции (капремонта). В то же время имеются данные, что после отмены лицензирования проектных и обследовательских работ количество споров между субъектами данной деятельности возрастает, так как качество обследований объективно снижается, а многие проектировщики, не имеющие специальной подготовки, часто не способны оценить качество и технический уровень обследования. Сейчас интернет насыщен рекламой организаций, предлагающих услуги по обследованию зданий и сооружений, которые «гарантируют», что дешево, быстро и качественно выполнят любые виды работ. Они якобы обладают высококлассными специалистами, имеющими сертификаты, выданные РУП «Белстройцентр», современным диагностическим оборудованием и т.д. и т.п. Длительный опыт обучения и аттестации инженеров, планирующих заниматься обследованием, позволяет утверждать, что существующие двухнедельные курсы (для начинающих) – это лишь первый шаг к овладению этой сложной профессией, опыт в которой набирается только длительной практической работой. В процессе предлицензионных проверок претендентов на получение лицензии вплоть до 2011 г. мы проводили тщательное изучение их организационной и технической готовности выполнять работы в за-

являемых областях диагностики. Выявляли (особенно в последние годы) много откровенно «слабых» фирм и обязывали их через 1 год показать, что отмеченные недостатки устранены.

Изучение предложений интернета показало, что именно такие «слабые» организации или многочисленные новые фирмы, появившиеся сразу после отмены лицензирования, занимают первые станицы в поисковиках, оттесняя (с помощью известных информационных технологий) давно зарекомендовавших себя крупных государственных и частных участников данного рынка. Беседы с руководителями таких фирм показывают, что в основном содержание их сайтов – откровенная дезинформация. Чаще всего это – «Рога и копыта», которые, не мудрствуя лукаво, активно приглашают «подработать» штатных сотрудников государственных организаций (вместе с их оборудованием) без ведома руководства. Они «ловят рыбку» в мутной воде, существующей «тендерной системы» пользуясь некомпетентностью или попустительством заказчиков. В условиях обнищания многих предприятий, нуждающихся в ремонте или реконструкции зданий, главным критерием для заказчика обследования становится минимальная стоимость работ, а не их качество. Как тут не вспомнить слова поэта «...ах обмануть меня не трудно, я сам обманываться рад». Многократное участие в таких «тендерах», «переговорах» и других подобных акциях свидетельствует, что часто возникает абсурдная ситуация, когда никому не известная «специализированная организация», имеющая в штате не более пяти человек, выигрывает тендер, например, на детальное обследование цеха объемом 300 тыс.м³, обещая выполнить работы в течение 1 месяца за сумму меньшую, чем определенная по утвержденным (невысоким) расценкам в 5-7 раз? О каком «качестве работ», «требованиях безопасности» и других подобных вещах может идти речь? Очевидно, что работающая по совместительству на условиях ВТК такая «сборная команда» неспособна тщательно выполнить крупные обследования, связанные с длительными работами в других городах, в условиях действующих производств, требующих строгого контроля соблюдения правил безопасности и т.д. Такие «специалисты» берутся обследовать любые сооружения, включая крупные мосты стратегического назначения. Услуги по обследованию сейчас предлагают даже индивидуальные предприниматели, что категорически запрещалось действовавшими ранее правилами лицензирования. Мировая практика проведения тендеров давно нашла лекарства от такого беспредела. Это – отбрасывание самых дешевых и самых дорогих предложений; установление разумных границ возможного (обоснованного документально) снижения стоимости и сроков работ в процентах от установленных в нормах значений, тщательное изучение опыта предыдущей работы претендента и т.д. Эти во-

просы требуют безотлагательного решения. Пока предлагаем, параллельно с экспертизой проектов органами Госстройэкспертизы, хотя бы укрупнено проводить экспертизу материалов предпроектных обследований зданий и сооружений, выполненных различными организациями привлечением специалистов Экспертного Совета. Это повысит ответственность исполнителей, снизит вероятность реализации необоснованных предложений по усилению конструкций или наоборот – принятия небезопасных технических решений в проектах реконструкции или капремонта. Перечень видов объектов, для которых нет необходимости выполнять экспертизу технических заключений, следует сформировать совместно с органами Госстройэкспертизы.

При принятии решений о планировании реконструкции предприятий на уровне руководства отраслей следует обязательно учитывать фактическое техническое состояние зданий с привлечением уже на ранних этапах специалистов по обследованию зданий. Часто, когда решения уже приняты, выделены средства, начато проектирование, заключены договоры на поставку технологического оборудования, в процессе предпроектного обследования выясняется, что требуется массовое усиление конструкций, в том числе в условиях действующего предприятия, что невозможно выполнить в отведенные строки и за отпущенные средства.

Считаем также необходимым вернуться к вопросу о формировании и актуализации Единого Реестра организаций, осуществляющих обследование строительных конструкций зданий и сооружений (инженерные услуги: код – 74201.05 и 4201.06 по общегосударственному классификатору Республики Беларусь). При этом надо учитывать следующее [2]:

1. Обследование зданий и сооружений как вид деятельности включает комплекс работ по сбору, обработке, систематизации и анализу данных о техническом состоянии отдельных элементов, их узлов и здания в целом. Оно является одним из элементов надзора за зданиями – системы, состоящей из организационно-технических мероприятий по своевременному выявлению дефектов конструкций, анализа причин их возникновения и разработки мероприятий по предотвращению их опасных последствий.

2. Для экспертизы зданий надо знать не только свойства материалов и конструкций, требования к состоянию зданий и сооружений, правила их проектирования и эксплуатации, ремонта и реконструкции, но также владеть вопросами методологии обследования, уметь работать со специальным оборудованием, знать теорию надежности и долговечности конструкций и т.п., т.е. обладать специальными познаниями в науке и технике. Многие вопросы тут пока решаются не на основе формализованных оценок, для чего эксперту требуется большой опыт в рассматриваемой области.

3. Организация, занимающаяся обследованиями, должна иметь, кроме соответствующих специалистов, необходимое диагностическое оборудование, внесенное в Республиканский реестр и прошедшее метрологическую аттестацию, а также вспомогательную оснастку (лестницы, каски, страховочные пояса и т.п.). Должны быть обеспечены внутренний контроль качества работ и соблюдение правил техники безопасности.

4. Очевидно, что специалисты по обследованию должны быть аттестованы (например, в соответствии с инструкцией о профессиональной аттестации специалистов в области строительства) и регулярно (1 раз в 5 лет) проходить переподготовку. В общегосударственный классификатор Республики Беларусь ОКРБ 006-96 и классификационный справочник «Должности служащих, занятых в строительстве» необходимо ввести должность инженер-эксперт и разработать соответствующие должностные обязанности, требования компетентности и квалификационные требования, внести соответствующие изменения в Приказ Минстройархитектуры от 31.05.2010 г. №193. Компетентность эксперта, как совокупность его знания, умения, навыков и личных качеств устанавливается квалификационными требованиями к подготовке, профессиональным знаниям, мастерству и опыту, а также и состоянию здоровья, которые позволяют эксперту надлежащим образом выполнять свои функции. Критерием аттестации является совокупность требований, устанавливаемых органом по аттестации для нескольких категорий квалификации экспертов.

Предлагаются следующие категории квалификации:

- эксперт-стажер – специалист с высшим или средним специальным строительным образованием и стажем работы по обследованию в качестве исполнителя до трех лет или до пяти лет соответственно. Ответственным исполнителем стажер может назначаться при стаже работы на объектах II уровня ответственности, превышающем вышеуказанный;
- эксперт II категории – специалист с высшим образованием, проработавший экспертом-стажером не менее пяти лет, прошедший подготовку и аттестацию, выполнявший не менее трех работ в год в качестве ответственного исполнителя. Может назначаться руководителем работ на объектах II уровня ответственности;
- эксперт I категории – специалист, проработавший более пяти лет экспертом II категории, выполнявший не менее трех работ в год в качестве руководителя на объектах II уровня ответственности. Может назначаться руководителем работ на объектах I уровня ответственности.

5. Одним из условий при приеме документов к аттестации (переаттестации) специалиста с повышением категории квалификации является опыт предшествующей работы кандидата экспертом более низкой, чем

заявляемая, категории квалификации (см. п.4) с представлением отчетов по экспертизе зданий, подтверждающих его способность осуществлять экспертную деятельность в заявляемой области специализации и квалификации.

Оценку соответствия квалификации кандидата предъявляемым требованиям с рекомендациями о присвоении конкретной категории квалификации выполняет экзаменационная комиссия органа по аттестации Минстройархитектуры с учетом качества, объема и сложности работ, выполненных ранее соискателем, и других сопутствующих факторов (написание статей, выступления на конференциях по тематике обследований и т.д.). Повторная переаттестация на тот же квалификационный уровень (1 раз в 5 лет) может выполняться по упрощенной программе с продлением срока действия сертификата.

6. В организации должен быть обеспечен необходимый набор штатных специалистов соответствующей квалификации. Предлагается, чтобы для обследования зданий I уровня ответственности в штате было не менее одного эксперта I категории, двух экспертов II категории и двух стажеров. Для зданий II уровня ответственности – соответственно не менее двух экспертов II категории и двух стажеров. Квалификация экспертов должна соответствовать указанной в заявке на включение в Единый реестр области специализации (в части видов зданий, материалов конструкций и т.д.), принимаемой в соответствии с существовавшей ранее системой лицензирования. Руководителями или ответственными исполнителями работ должны быть только штатные сотрудники организации.

7. Уровень приборного обеспечения организаций должен быть увязан с уровнем ответственности зданий, указываемым в Едином Реестре организаций. Для I и II уровня ответственности следует иметь собственные (не менее 80%) современные геодезические приборы необходимой точности, приборы неразрушающего контроля прочности бетона, поиска арматуры, трещиномеры, толщиномеры, дальномеры и другие приборы, позволяющие контролировать основные параметры зданий, определяющие их несущую способность. Приборы должны активно использоваться в практической работе. В виде исключения при необходимости допускается аренда отдельных специальных приборов и механизмов, а также выполнение некоторых видов работ субподрядными организациями (например, выпиливание и испытания кернов бетона, извлеченных из тела конструкций, сложные геодезические изменения или обмерные работы, исследования свойств грунтов и т.п.).

8. Формирование Единого Реестра организаций, осуществляющих обследование строительных конструкций зданий и сооружений, и внесение в него периодических изменений целесообразно выполнять

силами Экспертного Совета по координации, совершенствованию и повышению научно-технического уровня работ в области обследования зданий и сооружений при ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» на основе всестороннего изучения организационной и технической готовности соискателя выполнять заявляемые работы с учетом вышеизложенных положений и с последующим утверждением Минстройархитектуры. Специалисты Экспертного Совета должны принимать участие в работе аттестационной комиссии органа по аттестации специалистов по обследованию зданий и сооружений для последующего учета ее результатов при формировании Единого Реестра, а также осуществлять периодический контроль за соблюдением действующих норм, регламентирующих правила обследования зданий в порядке, установленном Минстройархитектуры.

9. Возможны и другие пути регулирования и упорядочения деятельности по обследованию зданий, например, – путем создания общественных саморегулируемых организаций (СРО), объединяющих экспертные фирмы. Однако подходы, принятые в России неудачны, в первую очередь из-за установленных принципов финансирования их деятельности. Члены СРО облагаются непосильным невозвратным «оброком» вне зависимости от крупности, выручки и, что самое главное, – от качества услуг. По сути, хорошо работающие фирмы должны компенсировать возможный вред, нанесенный их непрофессиональными коллегами. Намного справедливее и эффективнее действует система гарантийных обязательств, принятая, например, в международной ассоциации инженеров-консультантов FIDIC, которая может быть принята и для СРО. Фирма, выполнившая некоторую работу (услугу), обязана резервировать на гарантированный период на своем счете определенную (небольшую) часть средств, полученных от заказчика. Если в этот период будут выявлены дефекты и доказано, что они образовались по вине подрядчика, то исправление дефектов выполняется за счет этого «резерва», а после истечения гарантийного срока оставшиеся средства могут использоваться подрядчиком по собственному усмотрению. При правильном подходе СРО могут стать эффективными помощниками госорганов в деле повышения надежности безопасности зданий и сооружений.

Заключение

В условиях Республики Беларусь кардинальное решение обозначенных выше проблем повышения срока службы и обеспечения надежности зданий и сооружений, на наш взгляд, должно осуществляться путем создания комплексной государственной системы надзора за техническим состо-

янием объектов недвижимости совместными усилиями заинтересованных ведомств – Госкомимущества, Минстройархитектуры, Минжилкомхоза, Минпрома, Минфина и Минюста. Следует создать службу, на которую будут возложены вопросы паспортизации, систематизации дефектов и их причин, разработка рекомендаций по совершенствованию методов технической эксплуатации (обслуживания и ремонта), осуществление надзора за качеством технической эксплуатации, привлечение к ответственности виновных в возникновении конкретных дефектов и принуждение к их исправлению, разработка стратегии и тактики выполнения вышеназванных мероприятий. Для получения достоверных данных о качественных и количественных изменениях в техническом состоянии республиканского фонда зданий и сооружений техническая инвентаризация должна выполняться на принципиально иной основе, под научно-методическим руководством специалистов в области оценки технического состояния зданий. В рамках такого подхода, целесообразно создать Республиканскую инспекцию по надзору за зданиями и сооружениями с выделением ее в перспективе в отдельный независимый государственный орган, о котором упоминает ст.65 п.4 и п.5 Закона Республики Беларусь об архитектурной, строительной и градостроительной деятельности. В его составе должны быть инспекция строящихся объектов, инспекция эксплуатируемых объектов, а также центр учета недвижимости, информационно-аналитический центр и другие подразделения, которые в сотрудничестве с общественными организациями будут профессионально решать единую задачу – повышение надежности и долговечности зданий и сооружений на территории Республики Беларусь.

Библиографический список

1. Казачек В.Г. Шилов А.Е. Нормирование сроков службы зданий и периодичности ремонтных работ / Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. 2010, №3. С.85-96.
2. Казачек В.Г. Строгое соблюдение технических нормативных правовых актов в области обследования, технической эксплуатации и реконструкции существующих зданий и сооружений – главное условие повышения их надежности и долговечности / Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. 2009, №4. С.28-31.
3. Казачек В.Г. Нормативная база Республики Беларусь в области технической эксплуатации, обследования и реконструкции зданий и сооружений / Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. трудов №8. – М., 2009. 704 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ, КАК АНАЛОГ ГОСУДАРСТВЕННОМУ СТРОИТЕЛЬНОМУ НАДЗОРУ*

В настоящее время все больше и больше авторитета и веса получает Автономная некоммерческая организация «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (далее Агенство), которая создана во исполнение поручений Председателя Правительства Российской Федерации В.В.Путина от 17 мая 2011 г. №ВП-П16-3168 (пункт 15) и от 27 мая 2011 г. №ВП-П13-3511.

По мнению коллег из Агенства, по логико-вероятностному подходу, следующим шагом по пути разгосударствления функций в области строительства, и реконструкции объектов капитального строительства, будет являться перевод процедур государственного строительного надзора на рельсы саморегулирования.

Готовы ли сами саморегулируемые организации (далее СРО) осуществлять надзор (контроль) за деятельностью своих партнеров в той мере и в той степени, как это происходит при реализации государственного строительного надзора? Готовы ли они подхватить эту функцию и перевести ее в формат строительного контроля? Время покажет, насколько эффективен институт саморегулирования при осуществлении строительного контроля.

Введение процедур саморегулирования в области инженерных изысканий, строительного и технологического проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта в Российской Федерации явилось объективной необходимостью в связи с отсутствием важнейшего механизма в строительном процессе: ответственности строительных организаций за выполнение требований к видам работ, которые обеспечивают безопасность объектов капитального строительства [1-5].

Работа института саморегулирования при частичном сохранении государственного регулирования позволит решить многие проблемы строительной отрасли на основе федерального законодательства о защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [6].

Мы видим, что на практике реализуется эффективная модель сочетания государственного регулирования с процедурами саморегулирования. Настоящая модель позволит сделать строительный рынок прозрачным и понятным для потребителей, очистить его от ненадлежащих и недобросовестных участников.

Градостроительный кодекс Российской Федерации [1] положил начало процессу регулирования таких этапов жизненного цикла здания и сооружения, как инженерные изыскания, архитектурно-строительное

* *Четверик Н.П. НИУ ВШЭ ГАСИС, г.Москва*

проектирование, строительство, реконструкция, капитальный ремонт объектов капитального строительства. Принятие Федерального закона от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [8] позволило развить принципы регулирования [7] всех этапов жизненного цикла зданий и сооружений от процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации до консервации (утилизации, сноса).

Государственный строительный надзор осуществляется в Российской Федерации на основе Градостроительного кодекса Российской Федерации [1] и Постановления Правительства Российской Федерации от 1 февраля 2006 г. №54 «О государственном строительном надзоре» [9]:

- а) при строительстве объектов капитального строительства, если проектная документация на их строительство подлежит государственной экспертизе в соответствии со статьей №49 Градостроительного кодекса Российской Федерации либо является типовой проектной документацией или ее модификацией, на которую получено положительное заключение государственной экспертизы;
- б) при реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, если проектная документация на осуществление реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства подлежит государственной экспертизе в соответствии со статьей №49 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Задачами государственного строительного надзора являются предупреждение, выявление и пресечение допущенных застройщиком, заказчиком, а также лицом, осуществляющим строительство на основании договора с застройщиком или заказчиком (далее Подрядчик), нарушений законодательства о градостроительной деятельности, в том числе технических регламентов и проектной документации.

Если при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства предусмотрено осуществление государственного строительного надзора, то органом государственного строительного надзора в рамках государственного строительного надзора осуществляются государственный пожарный надзор, государственный санитарно-эпидемиологический надзор, а также, за исключением случаев, предусмотренных Градостроительным кодексом Российской Федерации, государственный контроль в области охраны окружающей среды (государственный экологический контроль). Государственный строительный надзор осуществляется в форме проверок.

Строительный контроль осуществляется на основании статьи №53 Градостроительного кодекса Российской Федерации [1] и Постановления Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. №468 «О по-

рядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства» (далее – Порядок проведения строительного контроля) [10]. К большому сожалению, долгожданный Порядок проведения строительного контроля вышел, мягко говоря, не совсем таким, каким его так долго ждали.

Необходимо на самом деле грамотно и правильно реализовать на практике статью №53 Градостроительного кодекса Российской Федерации, усилив подзаконный акт нормами, позволяющими его проводить строго и конкретно.

Усиление строительного контроля параллельно с разгосударствлением функций по государственному строительному надзору позволит снять излишние административные барьеры.

Не дожидаясь федеральных норм, отвечая на запросы многочисленных организаций, работающих в настоящем направлении, ОАО «НТЦ «Безопасность в промышленности» в рамках Единой системы оценки соответствия в областях промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве подготовило и выпустило Положение по проведению строительного контроля при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства (СДОС-03-2009) и Методику проведения строительного контроля при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства (СДОС-04-2009), которые приняты решением Наблюдательного совета Единой системы оценки соответствия от 20 июля 2009 г. №30 – БНС [11]. В дальнейшем, вышла вторая редакция вышеуказанных норм в сборнике «Строительный контроль» [12].

Сейчас готовится к печати Методическое пособие «Безопасность строительства и осуществление строительного контроля».

Методическое пособие разработано для учебных заведений, саморегулируемых организаций в области инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции объектов капитального строительства, студентов, преподавателей, слушателей и экспертов по строительному контролю в порядке информации о реализации требований федерального законодательства в области строительного контроля.

В настоящем Методическом пособии в целях улучшения качества подготовки и повышения уровня знаний представлены вопросы (с ответами) по строительному контролю.

В Методическом пособии представлена последняя информация по вопросам строительного контроля, цели и задачи строительного контроля, содержатся требования к строительному контролю, даны исполнительная документация и порядок проведения строительного контроля.

Методическое пособие включает в себя технические правила, контролируемые параметры и нормируемые допуски, которые должны соблюдаться при выполнении работ.

Строительный контроль является многоуровневой интегрированной системой и включает в себя ряд мероприятий и процедур, обязательных для выполнения на всех этапах (стадиях) строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства.

Он состоит из строительного контроля застройщика (заказчика), лабораторного контроля, геодезического контроля, производственного контроля, авторского надзора, контроля по вопросам инженерных изысканий.

На особо опасных, технологически сложных и уникальных объектах капитального строительства строительный контроль, как правило, осуществляется инспекционными организациями, аккредитованными в Единой системе оценки соответствия.

Строительный контроль может по решению застройщика (заказчика) осуществляться посредством мониторинга технического состояния зданий и сооружений, отдельных конструкций и конструктивных систем, мониторинга окружающей застройки и экологической обстановки.

Представитель организации, осуществляющей строительный контроль, контролирует своевременное оформление разрешительной документации на строительство и подготовительные работы, осуществляет контроль выноса границ отвода земельного участка под строительство, участвует в проверке и приемке детальной разбивки осей зданий, инженерных сетей и коммуникаций, отслеживает поступление и контролирует качество проектно-сметной документации, постоянно проверяет ход и качество строительно-монтажных работ, качество строительных материалов, полуфабрикатов, деталей и конструкций, наличие паспортов, результатов лабораторных анализов и испытаний, требует от лиц, осуществляющих строительство, своевременного и правильного ведения и оформления производственно-технической и исполнительной документации, ведения общего и специальных журналов производства работ, рассматривает текущие вопросы по организации строительного контроля и подготавливает документацию к сдаче объекта в эксплуатацию.

Лабораторный контроль выполняют испытательные (строительные) лаборатории лиц, осуществляющих строительство, либо испытательные (строительные) лаборатории подрядных организаций.

Геодезический контроль осуществляется посредством проведения геодезических работ, в том числе инструментального контроля в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объекта капитального строительства.

Производственный контроль включает входной контроль проектно-сметной документации, конструкций, изделий, материалов и оборудо-

вания, операционный контроль отдельных строительных процессов или производственных операций, приемочный контроль строительно-монтажных работ. При входном контроле проектно-сметной документации производится проверка ее комплектности и достаточности содержащейся в ней технической информации для производства работ.

Строительные материалы, конструкции, изделия и оборудование, поступающие на объект капитального строительства, должны проходить входной контроль на соответствие требованиям проектной документации, стандартам, техническим условиям, паспортам, сертификатам, подтверждающим качество и изготовления, а также на соблюдение правил разгрузки и хранения. При необходимости материалы и изделия испытывают в испытательной лаборатории лиц осуществляющих строительство, либо в испытательной лаборатории специализированных независимых подрядных организациях.

Операционный контроль должен осуществляться в ходе выполнения строительных процессов или производственных операций и обеспечивать своевременное выявление дефектов и причин их возникновения и принятие мер по их устранению и предупреждению. Контроль проводится в соответствии со схемами операционного контроля на выполнение соответствующего вида работ.

Приемочный контроль осуществляется при завершении скрытых и других видов работ, готовности ответственных конструкций в процессе строительства и подготовке объекта капитального строительства к сдаче в эксплуатацию. Приемочный контроль проводит лицо, осуществляющее строительство, застройщик (заказчик), а также привлеченное по инициативе застройщика (заказчика) лицо, осуществляющее разработку проектной документации.

При осуществлении авторского надзора за строительством объекта регулярно ведется журнал авторского надзора за строительством, который составляется проектировщиком и передается застройщику (заказчику). Основные обязанности лица, осуществляющего авторский надзор, заключаются в проведении выборочной проверки соответствия выполняемых работ рабочей документации и требованиям технических регламентов, выборочного контроля качества и технологии производства работ, связанных с обеспечением надежности, прочности, устойчивости и долговечности конструкций, монтажа технологического и инженерного оборудования, своевременном решении вопросов, связанных с необходимостью внесения изменений в рабочую документацию, информировании заказчика (застройщика) о несвоевременном и некачественном выполнении лицом, осуществляющим строительство, указаний специалистов авторского надзора, для принятия оперативных мер по устранению выявленных отступлений от рабочей документации и нарушений требований технических регламентов.

Мониторинг технического состояния зданий и сооружений, отдельных конструкций и конструкционных систем проводится в соответствии с нормативно-техническими документами и представляет собой систему наблюдения и контроля, проводится по определенной программе для своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформационного состояния конструкций и грунтов основания, которые могут повлечь переход объекта строительства, реконструкции, капитального ремонта в аварийное состояние.

Система мониторинга технического состояния разворачивается на объекте капитального строительства для осуществления сбора информации о напряженно-деформированном состоянии строительных конструкций во временном диспетчерском пункте и продолжает работать на этапе эксплуатации для осуществления сбора информации о напряженно-деформированном состоянии строительных конструкций в диспетчерском пункте объекта с возможностью передачи информации в соответствующие службы.

Ответственность организаций, осуществляющих строительный контроль, должна быть застрахована на основе независимой оценки рисков. В целях обеспечения оптимального взаимодействия лиц, осуществляющих строительство, с органами государственного строительного надзора целесообразно в договорах между застройщиками и организациями, осуществляющими строительный контроль, включать обязанность последних представлять интересы застройщиков перед органами государственного строительного надзора, а также предоставлять всю необходимую информацию о ходе проведения строительного контроля органам государственного строительного надзора.

В рамках СРО в ближайшее время необходимо реализовать ряд мер, направленных на повышение управляемости строительного комплекса и его эффективности в целом.

Во-первых, в целях улучшения контроля качества строительства и строительных материалов необходимо предусмотреть создание системы независимого строительного контроля, проводимого структурами СРО.

В рамках строительного контроля специализированные организации или подразделения строительного контроля СРО, имеющие допуск на рынок от СРО, должны взять на себя проведение всего комплекса мероприятий по строительному контролю.

Используя успешный опыт развитых стран (например, в Германии основной организацией, работающей в данной сфере с 1872 г. является TÜV Rheinland Group), необходимо создать независимую систему строительного контроля, существующую на основе принципов сохранения положительной репутации и страхования ответственности.

Внедрение механизмов независимого строительного контроля не потребует дополнительного финансирования строительства. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» в сводный сметный расчет стоимости строительства должен включаться раздел «Строительный контроль». Поскольку договоры на осуществление независимого строительного контроля будут заключаться между заказчиками-застройщиками и организациями строительного контроля СРО напрямую, в смету подрядчика такие расходы включаться не будут.

Таким образом, без увеличения затрат на строительство, реконструкцию и капитальный ремонт значительно возрастет уровень безопасности и качества строительства.

Задача государства – отрегулировать процесс взаимодействия всех участников рынка услуг в сфере строительного производства, установив при этом баланс интересов потребителей и исполнителей данного вида услуг. Необходимы соответствующие нормативно-правовые документы, а также действенный механизм контроля за их соблюдением, необходимо повысить ответственность субъектов саморегулирования, усилить их заинтересованность в конечных результатах своей деятельности, создать механизмы выявления недобросовестных, неквалифицированных строительных компаний и удаления их с рынка строительных услуг.

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. №190-ФЗ.
2. Федеральный закон от 1 декабря 2007 г. №315-ФЗ «О саморегулируемых организациях».
3. Федеральный закон от 12 января 1996 г. №7-ФЗ «О некоммерческих организациях».
4. Федеральный закон от №148-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. №240-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
6. Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. №294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».
7. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании».

8. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 февраля 2006 г. №54 «О государственном строительном надзоре».
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. №468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».
11. Строительный контроль. Сборник документов / Кол. авт.: В.С. Котельников, Н.П.Четверик, Р.А. Андриевский. – М.: Открытое акционерное общество «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. – 228 с.
12. Строительный контроль. Сборник документов / Кол. авт.: В.С. Котельников, М.А. Луняков, Н.П.Четверик, Р.А. Андриевский, А.А.Ананьев, Д.О. Корольков. – М.: Открытое акционерное общество «Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2010. – 235 с.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ИННОВАЦИОННОСТИ ТОВАРОВ, РАБОТ, УСЛУГ (ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ) В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ*

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года и ряде поручений Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации поставлена задача использовать потенциал государственных закупок для модернизации экономики страны путем стимулирования разработки и производства инновационной продукции российскими компаниями.

В этой связи президиумом Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям принято решение реализовать в 2010-2012 годах пилотные проекты по отработке методики и практики введения требований по инновационности в закупочную деятельность федеральных и региональных органов власти и подведомственных им предприятий и организаций [1].

Было рекомендовано руководителям акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций, федеральных госу-

* Четверик Н.П. НИУ ВШЭ ГАСИС, г.Москва

дарственных унитарных предприятий, разрабатывающих программы инновационного развития, организовать работу по подготовке перечней инновационной продукции гражданского назначения с указанием необходимых параметров, характеристик и иных требований к такой продукции, предусматриваемой для закупок на среднесрочную перспективу, в рамках проводимой технологической политики.

Целью реализации пилотных проектов является формирование на уровне федерального/регионального органа исполнительной власти постоянно действующих механизмов и процедур, обеспечивающих приобретение инновационной продукции по тем направлениям закупок, где это возможно и целесообразно [2].

Согласно протоколам совещаний по реализации пилотного проекта повышения инновационности государственных закупок в строительной отрасли при Министерстве регионального развития Российской Федерации, был сформирован Экспертный Совет по настоящей тематике. Его членам было рекомендовано принять к сведению, что до направления заявителем к исследованию на степень инновационности продукции (товаров, работ, услуг), такая продукция должна пройти в установленном порядке процедуру подтверждения соответствия в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании» и другими нормативными правовыми актами, в случае, если ими установлено требование по обязательной сертификации или декларированию соответствия такой продукции.

Комитетом инновационных технологий в строительстве НОСТРОЙ были подготовлены критерии оценки степени инновационности товаров, работ и услуг в строительной области (табл. 1-6) Экспертного Совета по реализации пилотного проекта повышения «инновационности» государственных закупок в строительной отрасли при Министерстве регионального развития Российской Федерации.

Суть экспертной оценки условий реализации проектов сводится к выбору и ранжированию (определению приоритетности, значимости) показателей, их удельного веса в рамках оцениваемого раздела. Ранжирование по критерию значимости (присвоение определенного веса) ведется для каждого из критериев в рамках раздела, сумма всех рангов (весов) равняется единице.

Далее по шкале от 0 до 100 баллов оценивается каждый показатель раздела. Интегральная (сводная оценка) получается путем перемножения показателя веса критерия на оценку по критерию и последующего сложения получившихся результатов.

$$\text{Итого по разделу} = \sum(\text{Вес критерия} \times \text{Оценка}).$$

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 1

Предпосылки реализации проекта

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование критерия</i>	<i>Описание</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Причины инициации проекта	-	0,3	
2	Корректность целей и задач проекта, соответствие их SMART-критериям	Грамотность в постановке целей проекта, удовлетворение критериям: Конкретность (S), Измеримость (M), Достижимость (A), Реалистичность (R), Определенность по времени (T)	0,7	
<i>Итого по разделу</i>			<i>1</i>	

Оцените по шкале от 0 до 100 степень проработанности каждого из критериев, где 0 – наименьшая степень проработанности, а 100 – наибольшая.

Таблица 2

Степень разработанности/ стадия развития инновационного проекта*

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование этапа/фазы</i>	<i>Вес</i>	<i>Оценка</i>
1	Завершение	0,50	
2	Реализация	0,25	
3	Разработка	0,15	
4	Концепция	0,10	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

Определите фазу, на которой находится рассматриваемый проект, поставив оценку 100 в соответствующей графе, в остальных графах поставьте 0.

Таблица 3

Научно-техническая новизна оцениваемого продукта

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Соответствие продукта ключевым направлениям инноваций в строительной отрасли*	0,30	

* Балл 100 присваивается фазе, на которой находится проект, остальным фазам присваивается 0.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Окончание табл. 3

№ п/п	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
2	Новизна предлагаемого продукта/анализ технологии	0,20	
3	Возможность будущих разработок и дальнейшее применение продукта	0,15	
4	Наличие правовой защиты проекта (соответствие текущему и перспективному законодательству, патент, лицензия и т.д.)	0,10	
5	Простота внедрения инновационной разработки	0,10	
6	Наличие научно-технических ресурсов	0,05	
7	Уровень безопасности производства	0,05	
8	Доступность и наличие необходимого оборудования	0,05	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	
<p>*Направления инноваций в строительной отрасли:</p> <p>А. Совершенствование процедур выбора подрядчиков;</p> <p>В. Уменьшение стоимости производства работ;</p> <p>С. Увеличение скорости выполнения работ;</p> <p>Д. Повышение качества выполнения работ, удовлетворенности потребителей;</p> <p>Е. Развитие информационных и телекоммуникационных технологий в строительстве;</p> <p>Ф. Уменьшение вреда, наносимого окружающей среде(зеленое строительство);</p> <p>Г. Совершенствование условий труда и качества подготовки специалистов;</p> <p>Н. Повышение уровня безопасности строительства</p>			

Оцените по шкале от 0 до 100 степень соответствия каждого из критериев, где 0 – наименьшая степень соответствия, а 100 – наибольшая.

Таблица 4

Оценка коммерческой привлекательности продукта

№ п/п	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Объем и характер рынка продукта	0,4	
2	Конкурентность рынка	0,2	
3	Темп роста рынка в целом	0,2	
4	Наличие потенциальных каналов распространения/сбыта	0,15	
5	Величина потенциального объема продаж	0,05	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

Оцените по шкале от 0 до 100 каждый из показателей, где 0 – наименьшая оценка, а 100 – наибольшая.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Таблица 5

Оценка рисков проекта

№ п/п	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Качество и полнота оценки коммерческих рисков	0,4	
2	Качество и полнота оценки инвестиционных рисков	0,3	
3	Качество и полнота оценки производственных рисков	0,2	
4	Качество и полнота оценки экологических рисков	0,1	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

Оцените по шкале от 0 до 100 степень проработанности каждого из критериев, где 0 – наименьшая степень проработанности, а 100 – наибольшая.

Таблица 6

Оценка организации управления проектом

№ п/п	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Наличие опыта в выводе новых продуктов на рынок/реализации подобных проектов	0,50	
2	Наличие кадрового потенциала для реализации проекта	0,20	
3	Наличие сертифицированных специалистов в области управления проектами	0,15	
4	Наличие информационной системы управления проектами в организации	0,10	
5	Наличие Системы менеджмента качества в организации	0,05	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

Оцените по шкале от 0 до 100 каждый из показателей, где 0 – наименьшая оценка, а 100 – наибольшая.

Таблица 7

Обеспечение качества и соответствия нормативам РФ*

№ п/п	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Наличие сертификата соответствия (ГОСТ Р)	0,3	
2	Наличие сертификата пожарной безопасности	0,3	
3	Наличие санитарно-эпидемиологического сертификата	0,3	
4	Наличие иных сертификатов	0,1	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

* Балл 100 присваивается при наличии документа, в случае отсутствия присваивается 0.

Предотвращение аварий зданий и сооружений

Используя шкалу от 0 до 100, оцените наличие документов, обеспечивающих качество и соответствие нормативам РФ, где 0 – отсутствие документа, заявленного в критерии, а 100 – его наличие.

Таблица 8

Интегральная оценка инновационного продукта

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование критерия</i>	<i>Вес критерия</i>	<i>Оценка</i>
1	Предпосылки реализации проекта	0,1	
2	Степень разработанности, стадия развития инновационного проекта	0,2	
3	Научно-техническая новизна оцениваемого продукта	0,2	
4	Оценка коммерческой привлекательности продукта	0,2	
5	Оценка рисков проекта	0,1	
6	Оценка организации управления проектом	0,1	
7	Обеспечение качества и соответствие нормативам РФ	0,1	
<i>Итого по разделу</i>		<i>1</i>	

При интегральной оценке инновационного продукта каждый из семи разделов ранжируется по важности (присваивается определенный вес), результаты оценок по каждому из разделов заносятся в итоговую таблицу. Общая итоговая оценка по инновационному продукту (интегральная оценка инновационного продукта) получается в результате умножения итоговой оценки по разделу на вес раздела и последующего суммирования результатов.

$$\begin{aligned} \text{Интегральная оценка инновационного продукта} &= \\ &= \sum (\text{Вес раздела} * \text{Оценка по разделу}). \end{aligned}$$

Комитетом инновационных технологий в строительстве НОСТРОЙ (<http://www.nostroy.ru/>) подготовлены и утверждены Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций в строительстве [3], в которые внесены изменения согласно представленным выше критериям. Нами разработан отдельный раздел «Экспресс-метод балльной оценки инновационного проекта согласно критериям степени инновационности товаров, работ, услуг в строительной отрасли», процедуры которого, как мы надеемся, помогут Экспертному Совету по реализации пилотного проекта повышения «инновационности» государственных закупок в строительной отрасли при Министерстве регионального развития Российской Федерации.

Библиографический список

1. Протокол заседания президиума Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям №5 от 11 октября 2010 г.
2. Методические рекомендации по реализации пилотных проектов по введению требований по инновационности в закупочную деятельность федеральных и региональных органов власти и подведомственных им предприятий и организаций и формированию перечней рекомендуемой для закупок на среднесрочную перспективу инновационной продукции гражданского назначения, Министерство экономического развития Российской Федерации.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций в строительстве / Под общ. ред. Н.П. Четверика. – М.: Комитет инновационных технологий в строительстве НОСТРОЙ, 2012. - 75 с.

ЧТО МЕШАЕТ ИННОВАЦИЯМ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ*

Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года определила перспективные цели и задачи на основе инновационной деятельности во всех сферах, в т.ч. в области капитального строительства.

В «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» также предполагается системное решение комплекса задач по переходу российской экономики от экспортно-сырьевого к инновационному социально ориентированному типу развития, формированию инновационной экономики, экономики знаний, означающей превращение интеллекта, творческого потенциала человека в ведущий фактор экономического роста и национальной конкурентоспособности.

Что происходит с инновациями в России? Этим вопросом ломают голову многие уважаемые эксперты. Владислав Иноземцев, доктор экономических наук, директор Центра исследований постиндустриального общества еще в 2009 году утверждал: «Новая техническая политика должна предусматривать институциональные механизмы «принуждения к инновациям». Необходимо обеспечить комплексную экспертизу всех

* Четверик Н.П. НИУ ВШЭ ГАСИС, г.Москва

инфраструктурных проектов на предмет их технологической и экономической эффективности, в т.ч. предусмотрев возможность заблокировать любой такой проект при выявлении технологической и/или экономической неэффективности!» [1]. Инновационное бюро «Эксперт» в своем отчете делает вывод, что строительство с технологической точки зрения – отрасли чрезвычайно консервативные и инерционные [2]. Директор Московского института материаловедения и эффективных технологий, доктор химических наук, академик РАН Марсель Бикбау в своем интервью утверждает, что в России нет механизма внедрения инноваций, идет только имитация инновационной деятельности. Он же утверждает: «Нам нужно проводить гибкую политику принуждения к инновациям!» [3]. Владимир Дмитриев, Гендиректор ОАО «ГИПРОДОРНИИ» заявляет: «Все инновации сегодня применяются волевым путем» [4].

Участвуя во многочисленных мероприятиях инновационной направленности, слышу один и тот же вопрос: «Где практика применения инноваций? Каким образом мы должны реализовывать инновационные продукты, их практическое продвижение через механизмы государственных закупок в строительной отрасли на основе контрактной системы, в т.ч. в составе инновационно-инвестиционных и инновационных архитектурно-строительных проектов?».

Вопросы сложные. Попробую на примере строительного комплекса отследить нынешний алгоритм продвижения инноваций.

Три года назад группа инноваторов создала Комитет инновационных технологий в строительстве (далее Комитет).

На данный момент Комитет разработал четыре методических документа в области строительной инноватики:

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций в строительстве.
2. Методические рекомендации по рассмотрению инновационных продуктов в строительстве.
3. Методические рекомендации по организации и ведению реестра базы данных инновационных и наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов.
4. Методика определения размера платы за оказание экспертных услуг.

Таких документов нет ни у одного министерства или ведомства. Могу это твердо утверждать, так как систематически участвую в работе Экспертных Советов по инновациям различных федеральных органов исполнительной власти и общественных организаций. Методические документы Комитета получили высокую оценку в Торгово-промышленной палате города Москвы, Контрольно-счетной палате города Москвы, ин-

интерес к разработкам Комитета проявляет Департамент науки, промышленности и предпринимательства города Москвы, ряд других ведомств.

При участии членов Комитета в работе Экспертного совета по реализации пилотного проекта повышения инновационности государственных закупок в строительной отрасли Министерства регионального развития РФ (далее ЭС Минрегиона), был разработан экспресс – метод бальной оценки товаров, работ, услуг (инновационных «продуктов») в строительной отрасли (далее экспресс-метод бальной оценки), который был одобрен и взят на вооружение, он практически завершил этап подготовки Комитета к массовой оценке инновационных проектов.

Правда, сам ЭС Минрегиона по непонятным причинам свою работу затормозил!

Члены Комитета активно участвуют в общественно значимых проектах НОСТРОЙ и других мероприятиях инновационной направленности ни смотря ни на какие трудности.

При непосредственном участии Комитета была организована Общероссийская конференция «Инновационные технологии в строительстве – путь к модернизации России», которая получила большой положительный общественный резонанс, мы участвовали в работе XXII Международного конгресса «Инновационная экономика и качество управления».

Нам было поручено модерировать круглый стол «Комплексная безопасность и инновационные решения при строительстве объектов промышленного и гражданского назначения» в рамках VIII Ежегодной Всероссийской строительной Ассамблеи, с чем мы успешно справились.

Важным событием стал круглый стол Международной конференции «Как превратить зеленые идеи в реальность – практика внедрения инновационных технологий в строительство и проектирование» и работа Открытой диалоговой площадки, проводимых в рамках Фестиваля «Зеленый проект».

В конце прошлого года в рамках Дня саморегулирования нами был проведен круглый стол «Роль системы саморегулирования в инновационном развитии строительного комплекса России».

В этом году мы успешно модерировали «Межрегиональный Деловой Саммит «Продвижение инноваций в России: новые возможности, актуальные тенденции и перспективы», получили благодарственное письмо; участвовали в мероприятиях «Всероссийских Дней Инновационного Предпринимательства» и «Всероссийском бизнес-форуме «Коммерциализация инноваций – государственно-частное партнерство – запрос общества», где выступили с докладом «Методология инноватики строительного комплекса». 1 августа 2013 года в РИА «Новости» участвовали в круглом столе на тему «Состояние системы саморегулирования в российской строительной отрасли: инициативы, проблемы, перспективы развития».

Совсем недавно представитель Комитета вернулся с Сахалина, где участвовал в Конференции на тему: «Методологические и практические аспекты применения контрактной системы при разработке инфраструктурных региональных проектов» и выступил с сообщениями «Методологические аспекты оценки инноваций», был проведен для НП СРО «Сахалинстрой» семинар на тему «Правильная организация строительного контроля застройщиком, техническим заказчиком и подрядчиком на основе обеспечения охраны здоровья, техники безопасности и охраны окружающей среды при строительстве объектов капитального строительства».

В рамках «Всероссийского Специального Проекта «Продвижение инноваций российского малого и среднего бизнеса в рамках федеральных целевых программ» в качестве спикера на «Третьей практической бизнес-конференции «Инновационные предприятия Москвы и регионов России: идеи, достижения, перспективы» был прочитан доклад «Методология инноваций строительного комплекса». Мы успешно участвовали в качестве спикеров VIII Национального Конгресса «Модернизация промышленности России: Приоритеты развития».

Нам предложено участвовать в работе «Второго всероссийского съезда лучших инновационных предприятий, фирм и организаций: подводим итоги, анализируем практику, обсуждаем перспективы, отмечаем лучших из лучших». Нам предложено модерировать круглый стол «Инновационные технологии. Продвижение и методология инноваций – путь к модернизации» в рамках Национального конгресса «Современные подходы к модернизации и управлению жилищно-коммунальным хозяйством в России». Мы будем участвовать в работе XXV Конгресса организаций связи и информационных технологий «Качество ИКТ – на новом этапе развития информационного общества», где готовим выступление «Методология инноваций». В рамках IX Ежегодной Всероссийской Строительной Ассамблеи планируется проведение круглого стола «Комплексная безопасность и инновационные решения при строительстве объектов промышленного и гражданского назначения», где мы выступаем с сообщением «Методология инновационных решений. Нужны ли инновации строителям или необходимо принуждение к инновациям». Обязательно будем участвовать в работе очередного круглого стола в рамках Дня саморегулирования на актуальную тему «Роль системы саморегулирования в инновационном развитии строительного комплекса России».

Мы постоянно являемся членами оргкомитета Международной конференции «Предотвращение аварий зданий и сооружений», а в прошлом году 5 членов Комитета и 12 членов «ИК НЭБ», как экспертов в его рамках, участвовали в написании очередного тома РАНовского много-томного издания «Безопасность России. Безопасность строительного комплекса» в составе авторского коллектива.

Члены Комитета ясно определили свою четкую гражданскую позицию, активно участвуя в написании научно-практических статей на резонансную тематику, только в 2013 году опубликовано 37 научно-публицистических статей инновационной направленности.

Мы входим в состав Комитета по совершенствованию тендерных процедур и инновационной деятельности НОП, где разрабатываем методологию инновационной деятельности архитектурно-строительного проектирования.

Но это все теория методологии инноваций строительного комплекса!

Где же практическая реализация?

Президент НОСТРОЙ Е.В. Басин на заседании Совета НОСТРОЙ от 24 июня 2013 г. обозначил задачу по созданию и ведению Реестра инновационных и наилучших доступных строительных технологий и материалов в качестве приоритетной [5].

В одной из своих работ, мы предлагаем блок-схему порядка рассмотрения и прохождения документации претендентов на присвоение статуса инновационных и наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов и включению их в Реестр НОСТРОЙ (см. рисунок).

Описание операций:

1. Процесс 1. Регистрация письма с документацией претендентов на присвоение статуса инновационных или наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов (далее документация) в НОСТРОЙ, направление на рассмотрение Комитета инновационных технологий в строительстве, далее Комитет, в сроки, установленные Методическими рекомендациями НОСТРОЙ.

2. Процесс 2. Рассмотрение документации Комитетом. Проводится в сроки, установленные Методическими рекомендациями.

При этом проверяется:

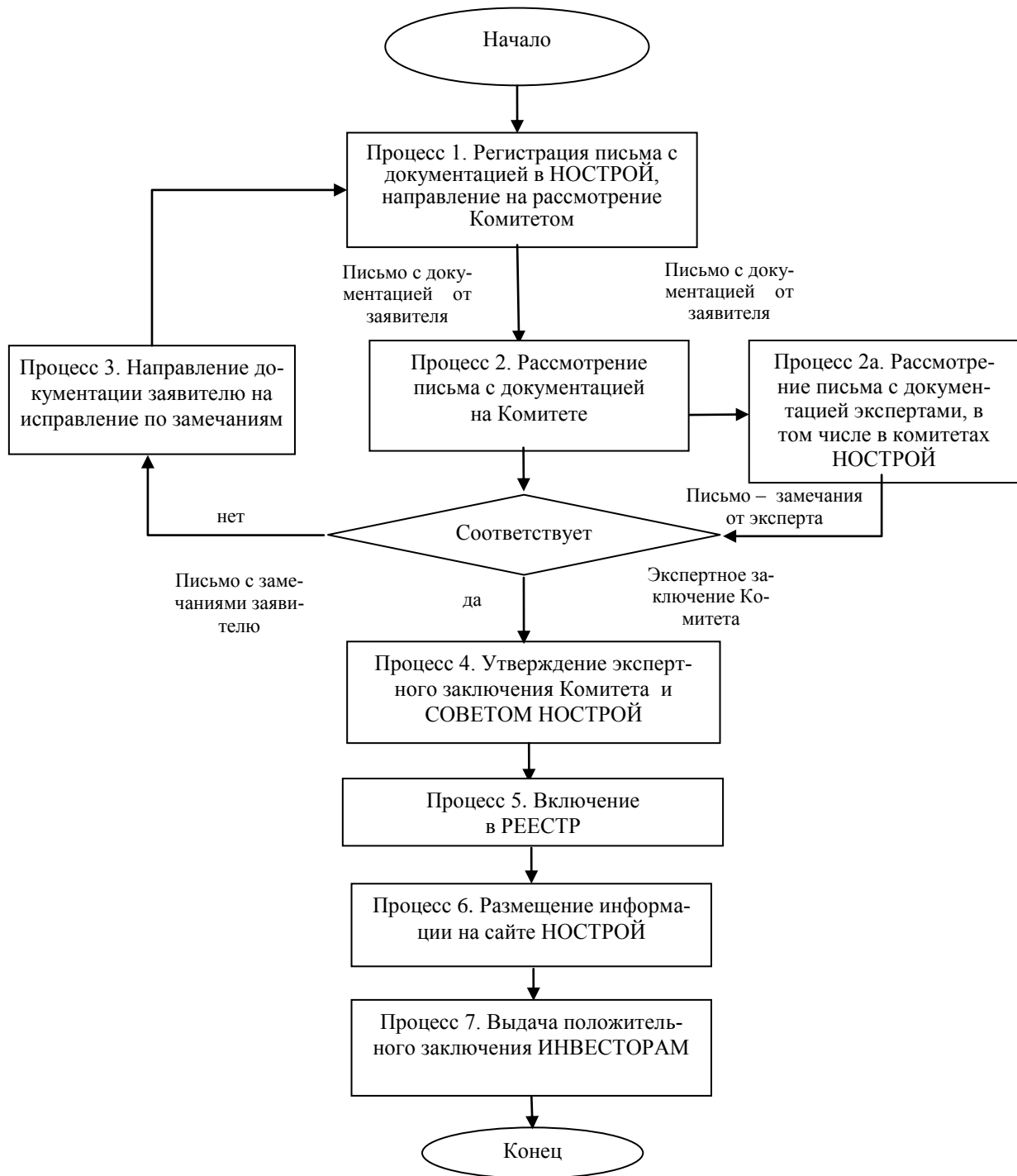
- ее комплектность;
- соответствие требованиям Методических рекомендаций.

При положительном экспертном заключении, оно направляется на Совет НОСТРОЙ.

3. Процесс 2а. Рассмотрение письма с документацией экспертами, в том числе в комитетах НОСТРОЙ. Составление экспертного заключения.

4. Процесс 3. При наличии замечаний, следует направление документации претенденту на исправление (Аппарат НОСТРОЙ).

5. Процесс 4. Утверждение экспертного заключения на заседании Комитета и направление его на заседание Совета НОСТРОЙ для утверждения. Выдача положительного заключения инвесторам.



Блок-схема порядка рассмотрения и прохождения документации претендентов на присвоение статуса инновационных и наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов и включению их в Реестр НОСТРОЙ

6. Процесс 5. Включение в РЕЕСТР НОСТРОЙ. Присвоение статуса инновационных или наилучших доступных строительным технологиям и строительным материалам (Аппарат НОСТРОЙ).

7. Процесс 6. Размещение информации на сайте НОСТРОЙ в РЕЕСТРЕ (Аппарат НОСТРОЙ).

8. Процесс 7. Выдача положительного заключения ИНВЕСТОРАМ по запросу (Аппарат НОСТРОЙ).

Но для того, чтобы такой Реестр вести нужно придать статус методическим документам Комитета [6-9].

А далее мы планируем через ЭС Минрегиона и другие Экспертные Советы Федеральных органов исполнительной власти совместно с руководством НОСТРОЙ продвигать такие инновационные продукты. Тема сложная, но Комитет готов к ее реализации на практике.

Библиографический список

1. Иноземцев В. Инновации с принуждением // Российская газета, 2009, №4958 (134), (<http://www.rg.ru/2009/07/23/mnenie.html>).
2. Инновации в строительном кластере: барьеры и перспективы, отчет инновационного бюро «Эксперт» (http://rusdb.ru/dom/researches/inno_rdb/).
3. Интервью с Академиком М. Бикбау «Нам нужно проводить гибкую политику принуждения к инновациям» (<http://its.grandsmeta.ru/interview/245/>, <http://newsland.com/news/detail/id/912180/>).
4. Интервью с генеральным директором ОАО «ГИПРОДОРНИИ» Владимиром Дмитриевым «Все инновации сегодня применяются волевым путем» (<http://its.grandsmeta.ru/interview/2444/>).
5. Протокол заседания Совета НОСТРОЙ от 24 июня 2013 года № 43.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инноваций в строительстве [Текст] / Кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика. – М.: Комитет НОСТРОЙ, 2013, - 51 с.
7. Методические рекомендации по организации и ведению реестра базы данных инновационных проектов в строительстве, наилучших доступных строительных технологий и строительных материалов [Текст] / Кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика. – М.: Комитет НОСТРОЙ, 2013, - 49 с.
8. Методические рекомендации по рассмотрению инновационных проектов в строительстве [Текст] / Кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика. – М.: Комитет НОСТРОЙ, 2013, - 22 с.
9. Методические рекомендации по определению размера платы за оказание экспертных услуг [Текст] / Кол. авт. под общ. ред. Н.П.Четверика. – М.: Комитет НОСТРОЙ, 2013, - 18 с.

10. Портал «Наука и безопасность». Электронный ресурс: <http://www.pamag.ru/>.
11. Электронное периодическое издание «Наука и безопасность». – Магнитогорск. Электронный ресурс: <http://www.art-atis.com/>.
12. Научный портал «Наука РФ» Электронный ресурс: <http://www.nauka-rf.com/>.
13. Журнал «Мониторинг. Наука и безопасность» (<http://www.e.np-monitoring.ru/>).
14. Портал НОСТРОЙ (<http://www.nostroy.ru/>).
15. Портал НОП (<http://www.nop.ru/>).
16. Портал издательства «СТРОЙИЗДАТ» (<http://panor.ru/publishers/detail.php?ID=1941>).

ИННОВАЦИОННЫЕ СТАНДАРТЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ*

В Российской Федерации с 01.01.2012 г. начал действовать минимальный пакет базовых национальных стандартов ГОСТ Р 53195.1 – ГОСТ Р 53195.5 по функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений, пригодный для практического применения в целях обеспечения комплексной безопасности и антитеррористической защищенности объектов строительства, включая особо опасные, технически сложные и уникальные объекты. Пакет, разработанный ВАНКБ совместно с другими заинтересованными организациями, содержит 5 взаимосвязанных стандартов – частей (рис.1):

- часть 1 – Основные положения;
- часть 2 – Общие требования;
- часть 3 – Требования к системам;
- часть 4 – Требования к программному обеспечению;
- часть 5 – Меры по снижению риска, методы оценки.

В упреждение этих стандартов Всемирной Академией Наук Комплексной Безопасности (ВАНКБ) был выпущен пакет стандартов организации (СТО 59131810) с аналогичными наименованиями и содержанием со сроком ввода в действие с 01.02.2011 г. для применения в качестве своеобразных предстандартов. Это позволило потенциальным пользова-

* Щербина В.И., Любимов М.И., Матвеев В.Ф., Пузыревская Е.И. Всемирная академия наук комплексной безопасности, МА «Системсервис», г.Москва

телям национальных стандартов провести предварительную апробацию положений стандартов на практике в целях своих предприятий. Они были с успехом применены при разработке и производстве аппаратуры средств безопасности (аппаратных средств и программного обеспечения), проектировании и монтаже отдельных систем безопасности, интеграции комплексных систем безопасности на объектах атомной отрасли и Министерства обороны, а также на других объектах гражданского и промышленного строительства.

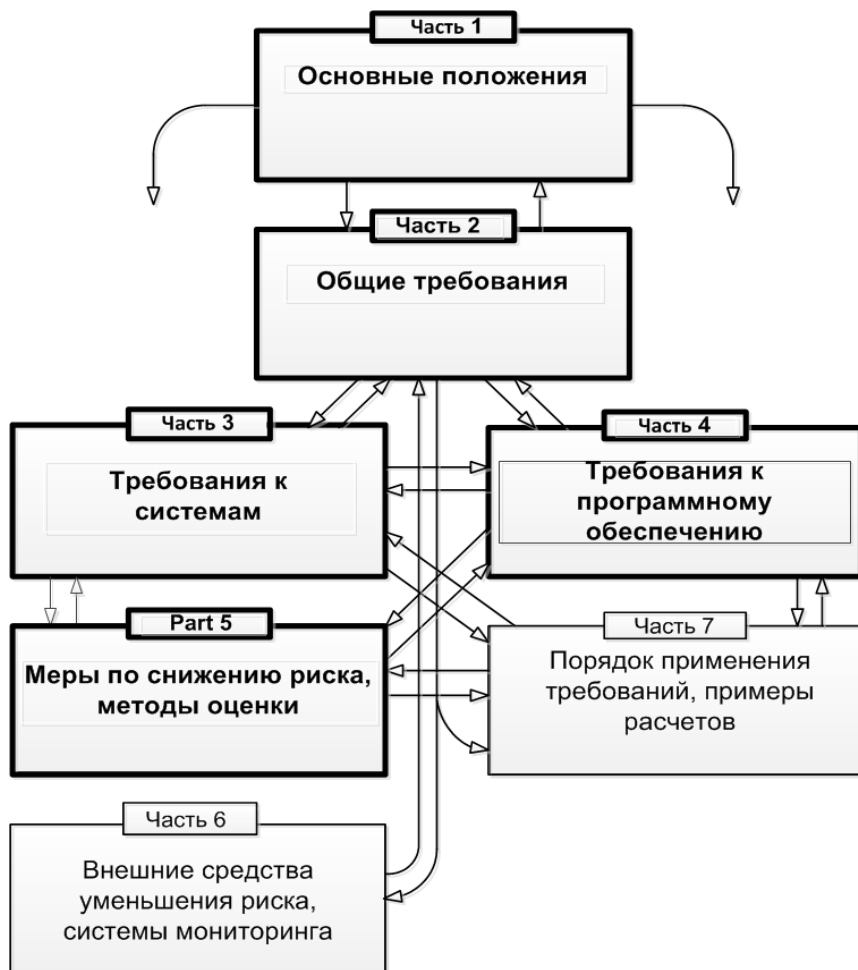


Рис. 1. Взаимосвязь стандартов серии ГОСТ Р 53195

С 01.09.2011 г. действует групповой ГОСТ Р 54101-2010 «Средства автоматизации и системы управления. Системы и средства безопасности. Техническое обслуживание и текущий ремонт», относящийся к стадии эксплуатации этих систем и средств.

Область применения стандартов серии ГОСТ Р 53195 и ГОСТ Р 54101 распространяется на системы, связанные с безопасностью зданий и сооружений (СБЗС-системы), установленные на объектах недвижимости (зданиях и сооружениях) и являющихся неотъемлемой частью этих объектов. То есть стандарты относятся к продукции **строительного производства**, той продукции, которая применяется, выполняет свои функции и может быть оценена на соответствие только в том месте, где объекты построены и системы установлены. Само здание или сооружение рассматривается как сложная система, включающая в свой состав систему конструкций и системы инженерно-технического обеспечения, в том числе системы, связанные с безопасностью, действующие как единое целое (рис.2).



Рис. 2. Здание (сооружение) как сложная система

В соответствии со стандартами необходимый уровень безопасности при наличии опасностей и угроз природного, техногенного и антропогенного характера достигается применением СБЗС-систем, воздействующих на управляемое оборудование, и других средств уменьшения риска, которые позволяют снизить остаточный риск до уровня приемлемого риска. В стандартах учтен человеческий фактор (рис.3).



Рис. 3. Снижение риска до уровня приемлемого риска

Стандарты охватывают полный жизненный цикл систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений, – от разработки концепции обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности объекта до вывода систем безопасности из эксплуатации и их утилизации.

В стандартах данной серии реализована основополагающая «Концепция безопасности и ее применение в стандартах по безопасности» (Руководство ИСО/МЭК 51):

- абсолютной безопасности не существует, в случае применения всех мер безопасности остаточный риск все равно остается;
- безопасность рассматривается как вероятностная величина обеспечения приемлемого риска;
- приемлемый риск достигается применением мер по снижению риска;
- требования к безопасности формулируются как требования по снижению риска;
- приемлемый уровень безопасности достигается в результате итеративного процесса анализа опасностей и риска, оценивания риска, общей оценки риска и принятия мер по снижению риска, осуществляемого на стадиях жизненного цикла продукции; циклический процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут приемлемый риск.

В ГОСТ Р 53195 учтены базовые положения и процессный подход стандартов серии ИСО 9000:

- продукция является результатом деятельности;

- создание, применение и обращение продукции на стадиях жизненного цикла рассматриваются как непрерывный циклический процесс, состоящий из подпроцессов;
- каждый подпроцесс имеет вход (исходные материалы, продукты и данные), выход (результаты) и функционал (что в нем осуществляется);
- подпроцессы непрерывно следуют друг за другом – выход предыдущего подпроцесса служит входом следующего подпроцесса;
- по окончании каждого подпроцесса оценивается соответствие выхода процесса его входу и функционалу.

В стандартах этой серии учтены основные положения и методология стандартов серии МЭК 61508 по функциональной безопасности электрических, электронных, программируемых электронных систем, связанных с безопасностью (Э/Э/ПЭ СБ-систем) применительно к Э/Э/ПЭ СБЗС-системам:

- общая методология для анализа опасностей и риска в случае применения Э/Э/ПЭ СБЗС-систем;
- Э/Э/ПЭ СБЗС-системы выполняют функции безопасности, снижающие риск причинения вреда и/или тяжесть последствий, которые характеризуются назначением (что выполняет функция) и полнотой безопасности (с какой степенью вероятности функция безопасности выполняется удовлетворительно);
- ни функция безопасности, ни полнота безопасности Э/Э/ПЭ СБЗС-системы не могут быть определены без учета влияющих факторов ее окружения;
- методология определения необходимого снижения риска;
- меры по снижению риска на стадиях и этапах жизненного цикла Э/Э/ПЭ СБЗС-систем, их аппаратных средств и программного обеспечения;
- принципы оценки соответствия;
- по завершении каждой стадии или этапа жизненного цикла СБЗС-системы формируется «досье» с основными данными по безопасности, которое пополняется на последующих стадиях или этапах жизненного цикла и сохраняется вплоть до вывода системы из эксплуатации и утилизации.

В серии ГОСТ Р 53195 стадии и этапы жизненного цикла «привязаны» к стадиям и этапам жизненного цикла здания или сооружения. Стандарты содержат прозрачный механизм управления безопасностью и оценки соответствия на всех стадиях жизненного цикла СБЗС-систем. Их применение позволяет получить объективную оценку соответствия СБЗС-систем требованиям безопасности на любой стадии их жизненного цикла.

Эти особенности стандартов ГОСТ Р 53195 высоко оценены специалистами в области систем обеспечения безопасности Германии (а

также Швейцарии и Бельгии), которые признали стандарты инновационными, не имеющими аналогов в мире, и перспективными для широкого применения в строительстве. Эти специалисты признали, что хотели бы видеть такие стандарты в качестве международных или европейских стандартов.

После заслушивания доклада российского докладчика на 14-й Конференции VDI (Общества немецких инженеров) в Бонне в ноябре 2011 г. по серии ГОСТ Р 53195 в Германии активизировалась работа по детальному изучению этих стандартов для подготовки на основе их положений международных (и/или региональных) стандартов МЭК (Международной электротехнической комиссии) и/или CENELEC (Европейской комиссии по стандартизации в электротехнике). К работе привлечены ДКЕ (Германская комиссия по электротехнике, электронике и информационным технологиям) DIN (Германского института стандартизации) и VDI. В рамках ТК 058 Росстандарта «Функциональная безопасность» совместно с ТК 439 «Средства автоматизации и системы управления» также планируется подготовка проектов стандартов МЭК на основе серии ГОСТ Р 53195. Работа в этом направлении ведется российскими и немецкими специалистами в тесном контакте с ВАНКБ.

В условиях вступления Российской Федерации во Всемирную торговую организацию (ВТО) российские проектные и строительные организации, первые взявшие на вооружение стандарты серии ГОСТ Р 53195, будут иметь конкурентные преимущества на отечественном и международном рынках в строительной отрасли перед зарубежными фирмами, поскольку подготовка и принятие на их основе стандартов МЭК и CENELEC и их освоение зарубежными фирмами может занять несколько лет, а российские стандарты уже сейчас действуют на территории Российской Федерации.

Мы надеемся, что органы исполнительной власти Российской Федерации, субъектов Федерации, а также Национальное объединение проектировщиков (НОП) и Национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) не упустят возможности предпринять организационные шаги по активизации широкого применения серии ГОСТ Р 53195 и ГОСТ Р 54101 в строительной отрасли для смягчения возможных негативных последствий официального вступления Российской Федерации в ВТО.

Подобная надежда подкрепляется тем, что в рамках НОСТРОЙ по инициативе НОП уже завершена разработка стандарта организации по системам обеспечения комплексной безопасности высотных зданий и сооружений (СТО НОСТРОЙ 54), основанного на положениях базовых стандартов серии ГОСТ Р 53195 и ГОСТ Р 54101.

АВТОРЫ

	Стр.
Акимов Валерий Александрович Начальник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г.Москва, профессор, доктор технических наук.....	175
Баладин Дмитрий Вячеславович Начальник отдела развития и эксплуатации КС Управления информатизации Уральского Федерального Университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, инженер информационных систем.....	189
Безрук Анатолий Иванович Специалист ООО «Серпуховской Двор», г.Москва, кандидат экономических наук.....	228
Беликов Виктор Тихонович Заместитель директора по научной работе Института Геофизики УрО РАН, г.Екатеринбург, астрономо-геодезист, доктор физико-математических наук, профессор.....	189
Бондаренко Владимир Леонидович Профессор кафедры «Природообустройство» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», п. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, доктор технических наук, профессор, Почетный работник водного хозяйства РФ.....	274
Быков Антон Алексеевич Аспирант ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г.Пермь.....	109
Веселов Александр Васильевич Доцент кафедры строительного производства и автомобильных дорог Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область.....	307

- Волосухин Виктор Алексеевич**
Директор Института безопасности гидротехнических сооружений, г.Новочеркасск, Ростовская область, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ..... 274
- Гатауллин Ильдар Нуруллович**
Кандидат технических наук, доцент, г.Казань, Республика Татарстан..... 216, 223, 349
- Грибанов Ярослав Игоревич**
ООО Научно-проектная фирма «Надежность», г.Пермь..... 109
- Ерёмин Константин Иванович**
Генеральный директор ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск, Челябинская область, доктор технических наук, профессор, Заслуженный строитель РФ..... 68, 79
- Замушинская Дарья Андреевна**
Инженер ОАО «Магнитогорскгражданпроект», г.Магнитогорск, Челябинская область..... 50
- Ильин Александр Николаевич**
Доцент кафедры строительного производства и автомобильных дорог ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область, кандидат технических наук, доцент..... 163
- Казачек Владимир Георгиевич**
Главный научный сотрудник ГП «Институт НИПТИС им. С.С.Атаева», г.Минск, член корреспондент Белорусской академии архитектуры, доктор технических наук, профессор..... 354
- Калугин Александр Васильевич**
Доцент, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г.Пермь, кандидат экономических наук..... 109
- Кирпичёв Александр Александрович**
Директор ООО «ГлобалТест», г.Саров, Нижегородская область, кандидат технических наук..... 166

Козлов Юрий Евгеньевич

Генеральный директор ООО НПК «Экотехнологии»,
г.Екатеринбург, кандидат технических наук, академик
Международной академии наук экологии
и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)..... 189

Комшилов Виталий Игоревич

Инженер-геодезист
ООО НПК «Экотехнологии», г.Екатеринбург 189

Котляревский Владимир Абрамович

Главный научный сотрудник Научно-образовательного
центра исследования экстремальных ситуаций
Московского государственного технического
университета им.Н.Э. Баумана, г.Москва,
доктор технических наук, профессор, Заслуженный
деятель науки и техники РСФСР..... 236, 264

Кришан Анатолий Леонидович

Заведующий кафедрой «Проектирование зданий
и строительных конструкций» Института строительства,
архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
г.Магнитогорск, Челябинская область,
доктор технических наук, профессор..... 19

Кухта Александр Всеволодович

Руководитель сектора мониторинга НИиППЛ «ПиК»
ФГБОУ ВПО МГСУ (НИУ), г.Москва,
старший научный сотрудник..... 24, 185

Липуга Раиса Николаевна

Ассистент кафедры «Архитектурное
проектирование» Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры, г.Донецк, Украина..... 157

Лисанов Михаил Вячеславович

Директор центра анализа риска ГК «Промышленная
безопасность», г.Москва, доктор технических наук..... 340

Любимов Михаил Митрофанович

Президент Всемирной академии наук
комплексной безопасности, г.Москва,
доктор технических наук, профессор..... 387

Марков Константин Вячеславович Начальник отдела обследования гражданских зданий управления технической экспертизы ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск, Челябинская область.....	140
Матвеев Валентин Филиппович Вице-президент Всемирной академии наук комплексной безопасности, г.Москва, кандидат технических наук.....	387
Миронов Алексей Георгиевич Директор «D un D centrs », г.Рига, Латвия.....	166
Наркевич Михаил Юрьевич Доцент кафедры «Проектирование зданий и строительных конструкций» Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область, кандидат технических наук, доцент.....	19, 43
Нахтигаль Евгений Член-корреспондент ВАНКБ, Университет г.Вупперталь, Германия.....	269
Недялков Василий Сергеевич Инженер отдела «Диагностика сооружений, механического оборудования и сопровождение спецработ» ОАО «ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева», г.Санкт-Петербург.....	55
Незнаева Елена Львовна Заведующая лабораторией геодезии ООО НПК «Экотехнологии», г.Екатеринбург, кадастровый инженер.....	189
Нишета Сергей Алексеевич Доцент кафедры «Проектирование зданий и строительных конструкций» Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область, кандидат технических наук, доцент.....	140

Овчаренко Аркадий Васильевич

Старший научный сотрудник Института Геофизики
Уральского отделения РАН, г.Екатеринбург,
горный инженер-геофизик,
кандидат физико-математических наук..... 189

Пермяков Михаил Борисович

Директор Института строительства,
архитектуры и искусства
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский
государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,
г.Магнитогорск, Челябинская область,
кандидат технических наук, доцент..... 129, 276, 283, 285, 292, 299, 307

Пермякова Анастасия Михайловна

Научный сотрудник кафедры строительного
производства и автомобильных дорог Института
строительства, архитектуры и искусства
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
г.Магнитогорск, Челябинская область..... 175, 276, 285, 299

Прошляков Михаил Юрьевич

Генеральный директор ООО НПО «ДИАР», г.Москва..... 175

Пузыревская Евгения Илларионовна

Главный специалист МА «Системсервис», г.Москва..... 387

Пунгин Владимир Леонидович

Директор научно-исследовательского
архитектурно-проектного предприятия «НИАП», г.Курган,
кандидат архитектуры, доцент..... 125

Пунгина Татьяна Васильевна

Старший преподаватель кафедры архитектуры и
графики Курганской государственной сельскохозяйственной
академии им. Т.С. Мальцева, г.Курган..... 125

Радионов Тимур Валерьевич

Аспирант кафедры архитектурного проектирования
Донбасской национальной академии строительства
и архитектуры, г.Макеевка, Украина..... 39

Ройтман Владимир Миронович

Профессор кафедры технического регулирования Института строительства и архитектуры МГСУ, доктор технических наук... 147

Савина Анна Вячеславовна

Старший научный сотрудник АНО «Агентство исследований промышленных рисков»
ГК «Промышленная безопасность», г.Москва..... 340

Стефанишин Дмитрий Владимирович

Ведущий научный сотрудник Института телекоммуникаций и глобального информационного пространства Национальной академии наук Украины, г.Киев, доктор технических наук..... 315, 323

Сумской Сергей Иванович

Старший научный сотрудник
ГК «Промышленная безопасность», г.Москва, кандидат технических наук..... 340

Татаркин Сергей Анатольевич

Старший научный сотрудник, главный геофизик ООО «ПИ Геореконструкция», г.Санкт-Петербург, кандидат технических наук..... 166

Теличенко Валерий Иванович

Президент Московского государственного строительного университета, заведующий кафедрой строительства тепловых и атомных электростанций, академик РААСН, доктор технических наук, профессор..... 147

Токарев Алексей Александрович

Аспирант кафедры строительного производства и автомобильных дорог Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область..... 307

Трубкина Ирина Васильевна

Научный сотрудник кафедры строительного производства и автомобильных дорог Института строительства, архитектуры и искусства ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, Челябинская область..... 129

- Угрюмов Иван Александрович**
Старший инженер Института Геофизики УрО РАН УрО РАН,
г.Екатеринбург, горный инженер-геофизик..... 189
- Хильманович Валерий Михайлович**
Технический директор
ООО НПК «Экотехнологии», г.Екатеринбург..... 189
- Четверик Николай Павлович**
Заместитель председателя Комитета
инновационных технологий в строительстве
НОСТРОЙ, член комитета по техническому
регулированию и стандартизации НОП,
эксперт по строительному контролю Единой
Системы Оценки Соответствия в области
промышленной, экологической безопасности,
безопасности в энергетике и строительстве,
доцент НИУ ВШЭ ГАСИС..... 197, 208, 367, 374, 380
- Шаповалов Эдуард Леонидович**
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»,
г.Магнитогорск, Челябинская область,
кандидат технических наук, доцент..... 50
- Шишкина Наталья Александровна**
Инженер управления информационных технологий
ООО «ВЕЛД», г.Магнитогорск, Челябинская область..... 7
- Штенгель Вячеслав Гедалиевич**
Ведущий научный сотрудник отдела «Диагностика
сооружений, механического оборудования
и сопровождение спецработ» ОАО «ВНИИГ
имени Б.Е. Веденеева, г.Санкт-Петербург,
кандидат технических наук..... 55
- Шульга Степан Николаевич**
Начальник отдела экспертизы зданий и сооружений
ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ»,
г.Магнитогорск, Челябинская область..... 68, 79, 92
- Щербина Владимир Ильич**
Директор Научно-исследовательского
центра Всемирной академии наук
комплексной безопасности, г.Москва,
кандидат технических наук..... 387

Ягофаров Анвар Хабидович

Доцент кафедры «Строительные конструкции
и строительное производство», ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный университет путей сообщения»,
г. Екатеринбург, кандидат технических наук..... 332

Ягофаров Хабид

Профессор кафедры «Строительные конструкции
и строительное производство», ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный университет путей сообщения»,
г.Екатеринбург, доктор технических наук..... 332