

АТОМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Корпоративное издание саморегулируемых организаций атомной отрасли

№24

сентябрь-октябрь

2015

СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»



II научно-практическая
конференция СРО
атомной отрасли
«АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015»

В номере:

■ Тема номера

Доклады Конференции «Атомстройстандарт-2015». Новые технологии сооружения ОИАЭ

■ Интервью

В.С. Опекунов о работе СРО атомной отрасли в области стандартизации

■ Строительство

Технологии контейнерного монтажа при строительстве АЭС

■ Технологии

Технология автоматической орбитальной сварки трубопроводов при монтаже реакторных установок АЭС

■ Композиты

Композитные материалы для атомной энергетики: Бетоны, армированные композитами для ОИАЭ

АТОМНОЕ строительство

Редакционный совет:

Опекунов В.С. - **председатель**

Денисов В.А.

Карина В.И.

Малинин С.М.

Семенов О.Г.

Толмачев А.В.

Чупейкина Н.Н.

Яковлев Р.О.

Корпоративное издание саморегулируемых организаций атомной отрасли (СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»)

Контакты:

119017, Москва, улица Большая

Ордынка, дом 29, стр.1

Тел.: +7 (495) 646-73-20 (Доб. 397)

Факс: +7 (495) 953-73-43

E-mail: pressa@atomsro.ru

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Атомное строительство» обязательна. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Публикуемые в журнале материалы, суждения и выводы могут не совпадать с точкой зрения редакции и являются исключительно взглядами авторов.

ТЕМА НОМЕРА:

Конференция «АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015»



25 сентября в Москве состоялась вторая ежегодная научно-практическая конференция «Атомстройстандарт. Новые технологии сооружения объектов использования атомной энергии», организованная Саморегулируемыми организациями атомной отрасли (СРО) и Центром технических компетенций атомной отрасли (ЦТКАО).

В конференции приняли участие более 270 специалистов атомной отрасли в области разработки нормативно-технических документов, члены экспертного совета СРО атомной отрасли и ЦТКАО, представители Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), НИУ «МГСУ», АО «НИАЭП», концерна «Росэнергоатом»; АО «Атомэнергопроект», «ВНИПИпромтехнологии», ОАО «ГСПИ», ЧУ «Инновационно-технологический центр проекта «Прорыв» и других организаций Госкорпорации «Росатом». На пленарном заседании обсуждались проблемы нормативно-технического регулирования в Российской Федерации, а также развития стандартизации в атомной отрасли.

Главное

05

Видеодоклады пленарного заседания Конференции «АТОМ-СТРОЙСТАНДАРТ-2015»

Совместный проект СРО атомной отрасли и Российского атомного сообщества. В ходе пленарного заседания участники обсудили проблемы нормативно-технического регулирования в Российской Федерации, а также развитие стандартизации в атомной отрасли. В рамках конференции состоялись тематические круглые столы в ходе которых ключевые эксперты отрасли обсудили темы стандартизации систем управления и организации строительства, инновационных технологий, охраны труда и промышленной безопасности, инженерных изысканий и проектирования в атомной отрасли.



Интервью. В.С. Опекунов о ходе реализации программы разработки стандартов атомной отрасли. Эксклюзивно для Nuclear.RU СТР. 8

Интервью

08

Виктор Опекунов, президент СРО атомной отрасли в интервью Nuclear.ru

Мы уже начали сотрудничество с Топливной компанией «ТВЭЛ». Программа стандартизации разработана и сейчас прорабатываются детали. Мы договорились с руководством компании, что в ближайшее время подпишем основополагающее соглашение и программу стандартизации. Это вопрос ближайших одного-двух месяцев. Кроме того, у нас сейчас полным ходом идет работа с НИЦ «Курчатовский институт» по согласованию конкретного перечня стандартов и мы рассчитываем тоже в этом году подписать соглашение. Более того, мы планируем в декабре провести выездное заседание совета СРО на площадке НИЦ «Курчатовский институт», где и будет пописано соглашение, в основу которого будет положена работа по техническому регулированию и стандартам.

Технологии

20

Автоматическая орбитальная сварка на АЭС

При сооружении и эксплуатации энергоблоков АЭС, радиохимических производств, транспортных энергетических установок одним из важнейших критериев безопасности их работы является качество сварных соединений трубопроводов. При этом значительная доля трудозатрат приходится на сварку неповоротных соединений трубопроводов, которая производится в различных пространственных положениях и характеризуется высокой плотностью расположения свариваемых трубопроводов и затесненностью рабочего пространства. Данная проблема усугубляется проблемой острым дефицитом высококвалифицированного персонала, в том числе и профессиональных ручников-сварщиков — они и сейчас на вес золота. Общепризнано, что в условиях крупномасштабного производства и при чрезвычайно высоких требованиях по качеству сварных соединений, достижение высокой производительности работ возможно только при широком внедрении автоматической сварки.

Композиты

28

Бетоны, армированные композитами

Для покрытия прогнозируемого энергодефицита России в ближайшие 30 лет, необходимо будет ввести не менее 300 ГВт новых энерго мощностей. Выполнение новой федеральной программы по атомной энергетике позволит к 2020 году увеличить долю производства электроэнергии на АЭС до 20-30% - в целом, по стране и до 25-40% - в европейской части России. Планируется, что до 2030 года в России будет построено для собственных нужд от 42 до 58 атомных энергоблоков, и, кроме того, от 40 до 50 энергоблоков за рубежом.

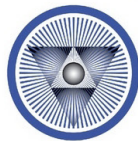
Инженерные изыскания

52

Континуальная теория сейсмического районирования

Разработанная в России во второй половине прошлого века методика сейсмического районирования сохранилась в нормативных документах до настоящего времени. Основу концепции связи свойств грунта с параметрами сейсмических воздействий составляют два понятия: соответственно грунтовые категории и балл (или приращение балла).

ЦЕНТР ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ



II Ежегодная научно-практическая Конференция СРО атомной отрасли

«АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015»

«Новые технологии сооружения объектов использования атомной энергии»

25 сентября в Москве состоялась вторая ежегодная научно-практическая конференция «Атомстройстандарт. Новые технологии сооружения объектов использования атомной энергии», организованная Саморегулируемыми организациями атомной отрасли (СРО) и Центром технических компетенций атомной отрасли (ЦТКАО).

В конференции приняли участие более 270 специалистов атомной отрасли в области разработки нормативно-технических документов, члены экспертного совета СРО атомной отрасли и ЦТКАО, представители Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), НИУ «МГСУ», АО «НИАЭП», концерн «Росэнергоатом»; АО «Атомэнергoproект», «ВНИПИпромтехнологии», ОАО «ГСПИ», ЧУ «Инновационно-технологический центр проекта «Прорыв» и других организаций Госкорпорации «Росатом». На пленарном заседании обсуждались проблемы нормативно-технического регулирования в Российской Федерации, а также развития стандартизации в атомной отрасли.

С основным докладом выступил президент СРО атомной отрасли, советник генерального директора ГК «Росатом» Виктор Опекунов. Среди важнейших событий года он назвал принятие Федерального закона от 29.06.2015 №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», а также завершение «Росатомом» формирования нормативной базы по стандартизации в атомной отрасли. Работа по стандартизации ведется СРО совместно с «Росатомом» в рамках соглашения от 2012 года о разработке, взаимном признании и контроле исполнения нормативно-технических документов. Программа нормативно-технической деятельности строительного комплекса атомной отрасли (СКАО) рассчитана до 2017 года и предусматривает разработку 132 документов в области строительства, проектирования и инженерных изысканий, которые включаются в Сводный перечень стандартов ГК «Росатом». В частности, в 2014 году были разработаны 23 стандарта. Заказчиком двенадцати из них выступил «Росатом», восьми – СРО, трех – «Росэнергоатом». В феврале 2015 года все эти стандарты были приняты общим собранием членов СРО и введены в действие.

В текущем году ведется разработка еще 22 стандартов, которые в декабре будут переданы в ГК «Росатом». В настоящее время идет формирование программы разработки стандартов на 2016 год. По словам В. Опекунова, инвестиционный комитет ГК «Росатом» уже одобрил разработку 10 стандартов; еще 8 стандартов профинансируют СРО, а 4 стандарта – концерн «Росэнергоатом». «Кроме того, в 2016 году мы планируем впервые разработать три стандарта для Топливной компании «ТВЭЛ», – отметил президент СРО. По

его словам в настоящее время ведется большая работа по формированию Программы стандартизации на объектах ядерного топливного цикла совместно с ТК «ТВЭЛ», которая состоит из 22 стандартов. В том числе: 1 стандарт по проектированию и инженерным изысканиям, 5 стандартов по контролю качества работ, 9 общих стандартов, 7 стандартов по строительно-монтажным и пусконаладочным работам. Кроме того, в рамках диверсификации деятельности по стандартизации СРО готовят программу разработки нормативно-технических документов для НИЦ «Курчатовский институт» и обсуждают аналогичную работу в рамках проекта «Прорыв».

В. Опекунов подробно остановился на программе разработки технологических регламентов для выполнения строительно-монтажных и пусконаладочных работ при сооружении энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-ТОИ. Работы выполняются в рамках соглашения с концерном «Росэнергоатом», которое было подписано в сентябре 2013 года. Программа по разработке стандартов для ВВЭР-ТОИ включает в себя три этапа.

Заказчиком первого этапа, предусматривающего разработку стандарта по требованиям к содержанию технологических регламентов на сооружение АЭС с ВВЭР-ТОИ, является СРО. «Этот стандарт нами уже разработан», – сказал В. Опекунов. На втором этапе будет разработан стандарт на требования к технологиям сооружения АЭС с ВВЭР-ТОИ. Третий этап предполагает разработку собственно технологических регламентов. Заказчиком второго и третьего этапов будет концерн «Росэнергоатом». Президент СРО атомной отрасли также рассказал о программе импортозамещения строительных материалов, конструкций, изделий и технологий при сооружении объектов использования атомной энергии. Решение о разработке программы было принято в феврале 2015 года на общем собрании членов СРО. На данный момент в рамках формирования перечня продукции и технологий получены предложения по импортозамещению 273 позиций от 24 организаций.

В рамках конференции состоялись также тематические круглые столы, в ходе которых эксперты обсудили развитие новых технологий сооружения объектов использования атомной энергии, роль стандартизации в развитии импортозамещения, повышение уровня охраны труда и промышленной безопасности; а также современные концепции сооружения энергоблоков АЭС, процессы развития новых технологий строительного комплекса атомной отрасли, включая проектирование и инженерные изыскания. По итогам конференции будут сформированы специальные рекомендации и предложения для дальнейшей работы отраслевых саморегулируемых организаций по стандартизации в атомной отрасли.

Видеодоклады пленарного заседания

Совместный проект СРО атомной отрасли и Российского Атомного Сообщества



Для воспроизведения видео нажмите на картинку



Виктор Опекунов: «О состоянии стандартизации в области проектной и строительной деятельности в атомной отрасли»

Видеодоклады пленарного заседания, а также презентации к докладам участников круглых столов Конференции «АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015» доступны на портале СРО атомной отрасли по ссылке: www.atomsro.ru

Информационные партнеры:

СТРАНА
РОСАТОМ



**АТОМНЫЙ
ЭКСПЕРТ**



**РОССИЙСКОЕ
АТОМНОЕ
СООБЩЕСТВО**

Nuclear.Ru

РАДИО
СТРАНА РОСАТОМ

СТРОИТЕЛЬСТВО.RU
ВСЕРОССИЙСКИЙ ОТРАСЛЕВОЙ ИНТЕРНЕТ-ЖУРНАЛ

**АТОМНОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**
Журнал строительного комплекса атомной отрасли

Константин Кобяков
Газета «Страна РОСАТОМ»

СТРАНА
РОСАТОМ

Стандартов будет больше



Система строительных стандартов отстраивается заново. Разработанный почти 30 лет назад свод требований и правил потерял актуальность. Строителям атомной отрасли нужна новая нормативная база, которая унифицирует, упростит и сделает более эффективным проектирование и сооружение АЭС. О том, как решается эта проблема, «СР» узнала на конференции «Атомстройстандарт-2015».

Президент СРО атомной отрасли Виктор Опекунов, выступая на пленарном заседании, назвал одним из важнейших направлений стандартизации разработку техрегламентов. «Сегодня нет реальной системы стандартов для технологий», — констатировал он. Созданный в советское время сборник технологических требований к сооружению ядерного энергоблока с реактором ВВЭР ОТП-86 уже устарел, и привести его в соответствие с нынешними реалиями невозможно — необходим новый. Концерн «Росэнергоатом» заказал в СРО соответствующую работу еще в 2013 году. Уже пройден первый этап: создан и введен в действие перечень стандартных требований к технологическим регламентам. На основе этого документа готовится свод технологи-

ческих требований к строительству энергоблока по проекту ВВЭР-ТОИ. Свод будет регламентировать практически все аспекты строительной деятельности на площадке АЭС, начиная с квалификации и оснащения персонала и заканчивая строительной техникой и механизмами, пояснил Виктор Опекунов. Он подчеркнул, что по степени детализации стандарты должны быть приближены к машиностроительным.

Другим важным направлением президент СРО атомной отрасли считает стандартизацию в области логистики. Речь идет об учете и регулировании движения всех видов ресурсов на стройплощадке — от людей и техники до отходов.

В СРО атомной отрасли (НП «Союзатомстрой», «Союзатомпроект», «Союзатомгео») объединены более 500 компаний. Они не просто участвуют в создании стандартов, но и обязаны внедрять их в свою работу, а также контролировать исполнение. Однако, признает Виктор Опекунов, с внедрением есть проблемы: «Мы получаем отчеты от компаний, что тот или иной стандарт введен в действие приказом руководства, но при выездных

проверках сталкиваемся с такими случаями, когда в организации даже не помнят, что они этот стандарт вводили». По словам президента СРО, приходится вести настоящую борьбу за применение новых стандартов на практике.

В свою очередь заместитель руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) Александр Зажигалкин напомнил участникам конференции, что федеральный закон 162 о стандартизации в РФ уже подписан президентом Владимиром Путиным и вступает в силу 29 сентября этого года. «Росатом» в рамках нового закона получает полномочия формировать разделы по стандартизации при подготовке документов стратегического планирования, а также полномочия и обязательства по разработке перспективных программ стандартизации отрасли. Срок предоставления в правительство ключевого документа, порядка стандартизации в области атомной энергии, истекает 15 января 2016 года. По мнению представителя Росстандарта, главные достоинства закона в том, что стандартизация официально получает статус элемента государственной политики, а также в возможности ссылаться на стандарты в нормативно-правовых актах правительства и органов исполнительной власти.

Александр Зажигалкин поднял сверхактуальную для «Росатома» проблему — разработка международных стандартов. Он сообщил, что участие российской стороны в формировании международных стандартов в нефтегазовой отрасли сейчас блокируется западными коллегами. «В области атомной энергетики у нас могут возникнуть схожие проблемы, поэтому, учитывая наши внешнеэкономические планы, необходимо ставить очень серьезные задачи по международной стандартизации», подчеркнул Александр Зажигалкин.

Выход он видит в кооперации с Китаем. Китайская сторона в обсуждении сотрудничества с Россией ставит вопрос о признании эквивалентности стандартов в трех отраслях: нефтегазовой, высокоскоростном железнодорожном движении и ядерной энергетике. «Из всего этого я делаю вывод, что китайские производители и строители хотят поучаствовать в возведении объектов нашего атомного комплекса», — сказал замруководителя Росстандарта.

Он пояснил, что государственная политика России в области стандартизации имеет три приоритета: импортозамещение, открытость для инноваций (возможность вносить в стандарты изменения, отражающие развитие отрасли) и информационное моделирование (создание информационных моделей технических проектов). Александр Зажигалкин призвал членов СРО активнее предлагать нормативы и требования для введения на федеральном уровне, особо выделив сферы инжиниринга и предоставления услуг.

Директор отраслевого центра планирования и контроля сооружения объектов НИАЭП Дмитрий Шепелев в своем докладе привел несколько примеров оптимизации строительства АЭС с реакторами ВВЭР. Вместе с тем он отметил, что стандартизация положительного опыта буксует. Так, подтверждено на практике, что общий сервер для технической документации между заказчиком и инжиниринговой компанией в три раза сокращает сроки согласования. «Но каждый раз на новой площадке вновь и вновь приходится убеждать заказчика ввести это решение», — говорит Дмитрий Шепелев.



Прямая речь

Виктор Опекунов
Президент СРО атомной отрасли:

— Упасть легко — подняться сложно. В годы падения экономики, когда все институты регулирования были ослаблены, стандартизация вообще была практически обнулена, что привело к деградации системы стандартов. Была утрачена квалификация: специалистов и подразделений, которые занимались стандартизацией, сократили. Сейчас необходим обратный процесс. Но созидание так быстро, как разрушение, не происходит. Внедрение стандартов позволяет компании выстроить свою работу более грамотно, эффективно, в том числе с точки зрения экономики. К сожалению, такая мотивация прямого действия не имеет. Отдельные стандарты требуют затрат, а компании к ним не готовы, хотя со временем все окупится за счет упорядочения деятельности. Но это будет потом, а копеечку уже сейчас надо вкладывать.

Однако проблемы не столько в финансовой плоскости, сколько в психологическом блоке. Увы, многие привыкли делать все на коленке. Зачем следовать стандарту, в котором написано, какая скорость охлаждения бетона допустима? Мы знаем, если бетон будет слишком

быстро сохнуть, появится трещина, этот параметр нужно контролировать: ставить датчики, отслеживать, как меняется температура, то есть градиент ее падения. «А зачем всем этим заниматься? — думают некоторые руководители. — Трещины будут? Ну, мы возьмем и заштукатурим».

Как это ни печально, но с нашей стороны может быть только мотивация кнутом. Мы контролируем работу подрядчиков, выносим предписания. Штрафы налагать не можем, но имеем право лишить нерадивые компании допуска и устранить со строительной площадки. Для них это потеря работы. Таких фактов множество. В прошлом году порядка 60 организаций исключили из СРО за нарушения, в том числе технологические.

А что касается пряника, то тут руководитель компании должен сам понять свои выгоды. Это психология и обучение. Мы конференции такие, как сейчас, проводим, пытаемся повысить интерес организаций и добиться понимания особой важности внедрения и исполнения стандартов.



В ходе конференции «АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015» президент СРО атомной отрасли Виктор Опекунов ответил на вопросы Nuclear.RU

Текст:
Светлана Дворянинова

Nuclear.Ru

В прошлом году было разработано и введено в действие 23 стандарта, в этом году разрабатываются еще 22 документа. Каковы объемы инвестиций в эту деятельность?

Стоимость разработки стандартов, которыми мы занимаемся, невелика. Мы ее минимизировали, исходя из того, что стандартизация – это не бизнес-процесс, а работа в режиме возмещения прямых затрат, которые организация понесла на разработку документов. То есть это бесприбыльная деятельность. Поэтому мы договорились со всеми разработчиками, и это была моя принципиальная позиция, что разработка стандартов это не бизнес, а закладка будущего применения новых технологий, новых материалов. Вот там уже будет бизнес для того, кто будет участвовать в поставках технологий и материалов. Учитывая тот факт, что в разработке стандартов, как правило, участвуют компании, которые потом и работают в рамках этих стандартов, то конечно, они заинтересованы в том, чтобы эти стандарты были, чтобы они потом могли легитимно применять свои технологии, свои материалы и т.д. При этом мы, конечно, не допускаем, чтобы стандарты были перекошены в пользу какого-то одного поставщика. Это исключено категорически. Мы за этим очень жестко следим. Так что затраты наши на разработку стандартов невелики. Средняя стоимость одного стандарта в районе 2 млн. руб. Причем речь идет о сложном, серьезном стандарте. В то время как на свободном рынке эта величина примерно в два, а то и в три раза больше.

Планируется ли увеличение инвестиций в разработку стандартов в 2016 году?

На 2016 год мы защитили цифру в ГК «Росатом» – 25 млн. руб. СРО расходует примерно 15 млн. руб. в год на стандартизацию. Итого получается 40 млн. руб. Далее для концерна «Росэнергоатом» разрабатываются 3 стандарта – это примерно 7-8 млн. руб. Всего получается около 50 млн. руб. Мы считаем, что было бы правильно и достаточно, чтобы наш ЦТКАО работал в объеме примерно 100 млн. руб. в год по стандартизации. Это было бы порядка 40-45 стандартов разработано в год. Это хорошие темпы. Тем более, что в этом есть потребность.

Когда начнется разработка технологических регламентов на сооружение АЭС с ВВЭР-ТОИ?

Соглашение с концерном «Росэнергоатом» было подписано в 2013 году. Это

соглашение с открытой датой. Оно предусматривало разработку двух стандартов, которые предшествуют разработке технологических регламентов. Один стандарт, который определяет что такое регламент, какие разделы, какие требования к нему, уже разработан, причем за счет собственных ресурсов СРО, и уже введен в действие. В текущем году мы разрабатываем за счет средств «Росэнергоатома» и по договору с концерном стандарт на требования к технологиям сооружения ВВЭР-ТОИ, итогом которого должен стать каталог самых современных, прогрессивных технологий по всем направлениям: бетоны, все виды монтажа (тепломонтаж, электро-монтаж, сварка), специальные покрытия, вентиляция, кондиционирование. То есть по всем направлениям мы должны будем создать каталоги, которые будут интегрировать весь мировой опыт строительства, причем не только атомных объектов, но и других сложных инженерных объектов, чей опыт применим для строительства атомных объектов. И с будущего года мы планируем начать разработку первых регламентов, то есть самих нормативных документов. Пока нет прецедента такого документа. Это будет совершенно новый документ.

Сколько всего планируется разработать техрегламентов для ВВЭР-ТОИ?

Всего речь идет примерно о 100 регламентах. Начиная с фундаментной плиты под реактор, затем возведение оболочек реакторного здания, потом все сооружения внутри реакторного здания, в шахте реактора (где расположены новые устройства безопасности), потом монтаж всего оборудования, тепломонтажные работы, пуско-наладочные работы. Все это в реакторном зале. Потом – все то же самое в машинном зале. Затем – другие ключевые объекты, такие как градирня, КРУЭ (система выдачи мощности) и проч.

Все это в рамках соглашения с «Росэнергоатомом» или к разработке техрегламентов для ВВЭР-ТОИ будут подключаться другие компании отрасли, например инжиниринговые?

Пока у нас есть соглашение с «Росэнергоатомом». Он заказчик. Конечно, очень важно, чтобы заказчик пожелал владеть этими стандартами, чтобы это была его интеллектуальная собственность, его документ. Мы полагаем, что это правильно, потому что заказчик при заключении договора с генподрядчиком может ему как приложение к договору положить все регламенты, которые должны соблюдаться при сооружении объекта. А уже генподрядчик в рамках данных регламентов

или на их основе формирует особо сложные ППР (проект производства работ) и передает их подрядным организациям для того, чтобы они строго выполняли данные документы. Таким образом, получается нормальная система технологического проектирования, доводимая до самых низовых звеньев, которые выполняют работы, до подрядных организаций, и также легко осуществляемый контроль. На мой взгляд, конечно, концерн «Росэнергоатом» должен обладать интеллектуальной собственностью на техрегламенты. Пока соглашение подтверждает, что так и будет.

Сколько времени займет разработка техрегламентов по ВВЭР-ТОИ?

О сроках говорить пока рано. Нам надо как бы распечатать эту работу: надо сделать несколько регламентов, чтобы все поняли важность этого документа, чтобы появился интерес.

Кстати, а как будет сооружаться Курская АЭС-2 по проекту ВВЭР-ТОИ, если нет техрегламентов?

Пока строят без регламентов и стандартов. Строят на основании ППРов, которые разрабатывает каждая подрядная организация под себя.

Расскажите, пожалуйста, подробнее о диверсификации и перспективных направлениях стандартизации?

Мы уже начали сотрудничество с Топливной компании «ТВЭЛ». Программа стандартизации разработана и сейчас прорабатываются детали. Мы договорились с руководством компании, что в ближайшее время подпишем основополагающее соглашение и программу стандартизации. Это вопрос ближайших одного-двух месяцев. Кроме того, у нас сейчас полным ходом идет работа с НИЦ «Курчатовский институт» по согласованию конкретного перечня стандартов и мы рассчитываем тоже в этом году подписать соглашение. Более того, мы планируем в декабре провести выездное заседание совета СРО на площадке НИЦ «Курчатовский институт», где и будет пописано соглашение, в основу которого будет положена работа по техническому регулированию и стандартам. Что касается проекта «Прорыв», то у нас уже были переговоры с научным руководителем этого проекта Евгением Адамовым. Потребность в техническом регулировании, бесспорно, есть, но пока мы не вышли на окончательные организационные договоренности.

Помимо этого, поскольку проект «Прорыв» реализуется, в том числе, Топливной компанией «ТВЭЛ» на площадке СХК в Северске, то руководство этой компании уже попросило обратить особое внимание на «Прорыв». Думаю, что мы и в рамках программы для ТК «ТВЭЛ» предусмотрим этот вопрос.

Потребуется ли программа импортозамещения разработки отдельной программы стандартизации?

Программа импортозамещения у нас уже разработана. У нас есть полное понимание, какие виды продукции мы можем обеспечить в рамках данной программы. Эта программа, конечно, требует своего нормативного обоснования. Поэтому сегодня мы уже формируем перечень стандартов, которые необходимы для реализации этой программы. Конечно, не все пункты программы требуют стандартизации, но многие из них. Есть продукция и технологии, которые уже прошли полный цикл и даже имеют стандарты. Например, система СПЗО – система преднапряжения защитной оболочки ядерных реакторов (СПЗО). Это сложнейшая, дорогостоящая система. На нее уже есть стандарт, мы его разработали и ввели в действие в прошлом году, еще до общепро-

мого курса на импортозамещение, потому что мы им занимались и раньше. Так вот этот стандарт уже есть, и уже есть первая система в нашем, российском исполнении – на строящемся энергоблоке Нововоронежской АЭС. Вот этот пункт программы уже не требует стандартизации, а отдельные пункты требуют. Поэтому мы сейчас под программу импортозамещения разрабатываем программу стандартизации этого раздела нашей деятельности.

Вернемся к уже разработанным стандартам в рамках соглашения с «Росатомом» и «Росэнергоатомом». Все ли они внедрены и все ли исполняются?

Все разработанные стандарты введены в действие решением общего собрания СРО. Все стандарты, каждый из них имеет свое адресное применение. То есть все 100% организаций-членов СРО должны внедрить эти стандарты. В зависимости от видов работ и видов деятельности организации мы определяем, какие стандарты она обязана внедрить. Сегодня мы можем утверждать, что все стандарты введены в действие приказами руководителей организаций. А вот дальнейшее реальное внедрение не всегда происходит. Даже если стандарты введены приказом в той или

иной организации, то при проверке, когда мы приезжаем в организацию, может оказаться, что стандарты не исполняются, и даже, что о них не знают в организации. То есть издали приказ и забыли.

Какие-то штрафные санкции за неисполнение предусмотрены?

Нет. Но когда мы выявляем такие факты, то выдаем в обязательном порядке предписание, в котором устанавливается срок устранения, и потом контролируем выполнение предписания. Но мы же не пожарная команда, и мы не можем всех сразу проверять. Более того, у нас есть ограничения по количеству проверок, установленные законом. Мы не можем даже при наличии возможности ездить через каждые 2-3 месяца в одну и ту же организацию. Мы имеем право проверять организацию не чаще одного раза в год. Поэтому мы считаем необходимым и исполнением стандартов отрасли со стороны организаций-заказчиков и генеральных подрядчиков.



Слева направо: Заместитель руководителя Росстандарта Александр Зажигалкин, президент СРО атомной отрасли Виктор Опекунов, заместитель руководителя Ростехнадзора Алексей Феропонтов на Конференции «АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015»

Фотогалерея Конференции



Новые технологии сооружения объектов использования атомной энергии



Ежегодная научно-практическая
конференция по стандартизации процессов
сооружения объектов использования
атомной энергии

«АТОМСТРОЙСТАНДАРТ»

В текущем выпуске нашего журнала мы начинаем серию публикаций избранных докладов участников Конференции «АТОМСТРОЙСТАНДАРТ-2015» об актуальных проблемах стандартизации в области строительства, проектирования и инженерных изысканий при сооружении объектов использования атомной энергии >>>>

Применение технологии контейнерного монтажа при строительстве АЭС

Коровкин С.В., Осокин А.М., Гараев И.Т.
АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»

На сегодняшний день основным фактором, влияющим на увеличение продолжительности сооружения АЭС, является монтаж тепломеханического оборудования.

Если при применении современного кранового и бетононасосного оборудования, несъемной опалубки, фибропанелей и других прогрессивных технологий удастся практически полностью механизировать строительные работы, то механизация монтажных работ остается на уровне даже не двадцатого, а девятнадцатого века. Причины такого положения дел становятся понятны из анализа приведенных в ОТП-86 трудозатрат на монтаж тепломеханического оборудования реакторного отделения (РО) АЭС (Рис.1) и машзала АЭС (Рис.2).

Диаграммы показывают, что до 80% процентов трудозатрат при монтаже оборудования составляют трудозатраты на монтаж трубопроводов, малогабаритного оборудования и металлоконструкций, монтаж которых до сих пор не удалось в достаточной степени механизировать.

Сокращение сроков сооружения блоков АЭС является важнейшей проблемой для атомной отрасли.

Опыт сооружения АЭС в России показывает, что сооружение атомных блоков по новым проектам растягивается на 8÷10 лет. Между тем контракты на строительство АЭС Госкорпорации «Росатом» предусматривают продолжительность сооружения сооружения блока не более 5 лет.

Опыт сооружения Нововоронежской АЭС-2 и Ленинградской АЭС-2 показывает, что, не добившись радикального ускорения поставок и монтажа оборудования и трубопроводов, невозможно уложиться в договорные сроки сооружения АЭС.

Необходимо разработать такие технологии и методы организации монтажных работ, которые позволят радикально сократить сроки монтажных работ на атомной электростанции.

Эта проблема актуальна не только для российских АЭС.

В США для сокращения сроков сооружения разрабатывался крупноблочный модульный метод строительства и монтажа оборудования АЭС для проекта AP1000.

Метод заключается в следующем:

1. Выделяются системы, пригодные для крупноблочного монтажа
2. Разрабатывается металлический кар-

кас, позволяющий раскрепить систему и создать транспортный модуль достаточной жесткости

3. На специализированных предприятиях изготавливаются транспортные модули (Рис.3)

4. Специальным, преимущественно водным транспортом модули доставляются на стройплощадку и строительными кранами устанавливаются в проектное положение на этапе строительства здания

Однако, как показал опыт, модульный метод ведет к неприемлемому увеличению сложности проекта, расходов на доставку больших модулей, дополнительным расходам на производство рамных конструкций.

Согласно публикации «Wall Street Journal» («WSJ») перспективы строительства новых ядерных энергоблоков с реакторами AP-1000 Westinghouse Electric Company, казавшиеся поначалу оптимистичными, в настоящее время выглядят «безрадостно».

«WSJ» отмечает, что модульный принцип, который считался конкурентным преимуществом проекта, на деле стал его «ахиллесовой пятой» — заводское изготовление модулей «оказалось более трудным, чем ожидалось».

Трудозатраты на монтаж оборудования РО



Рис.1

Трудозатраты на монтаж оборудования машзала



Рис.2

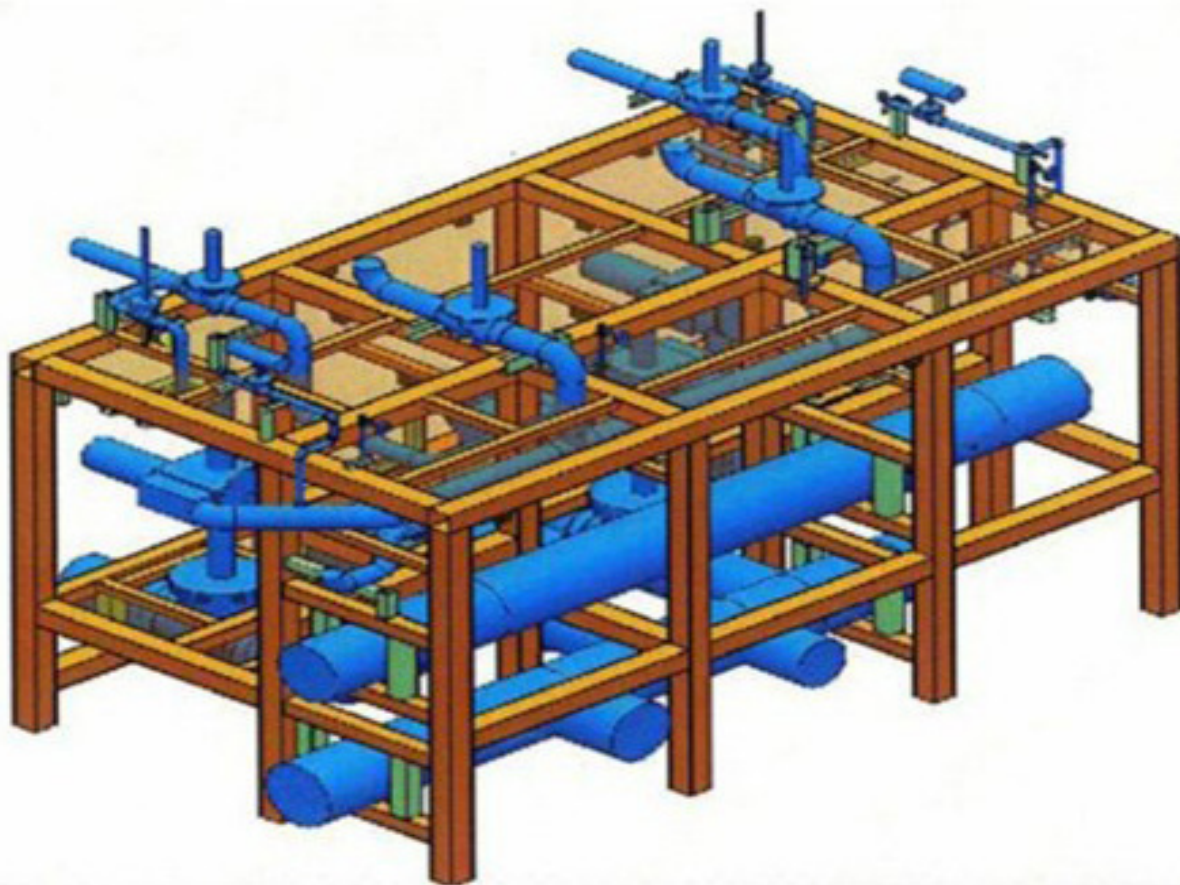


Рис.3 Транспортный модуль

Поставка модулей отстает от графика более чем на два года. В результате сроки пусков этих блоков откладываются примерно на три года. Компания Southern, владелец двух новых строящихся блоков с AP-1000 на АЭС Vogtle, сообщила, что ее доля расходов возрастет на 1,4 млрд долларов и намерена требовать возмещения хотя бы части дополнительных расходов от генерального подрядчика. В 80-е годы прошлого века в СССР институтом «Энергомонтажпроект» был предложен метод «побоксового монтажа». Метод предполагал выделение боксов (помещений) АЭС в отдельные производственные участки, все монтажные работы на которых производила одна бригада с постоянным штатным составом. Предполагалось, что это улучшит организацию и качество работ, сократит сроки монтажа. Однако, ввиду чрезвычайно высоких требований к квалификации монтажников при данном методе и неочевидности сокращения сроков работ метод не получил распространения. В ОТП-86 для монтажа электротехнического оборудования предусмотрен «по-

ярусный монтаж», который можно считать аналогом «побоксового монтажа» с расширением зоны монтажа на ярус (отметку) здания АЭС.

В последнее время для тепломонтажных работ под термином «поярусный монтаж» понимается предварительная подача на ярус (отметку) монтажных элементов в максимально возможном объеме строительными грузоподъемными механизмами при отсутствии перекрытия над ярусом (отметкой).

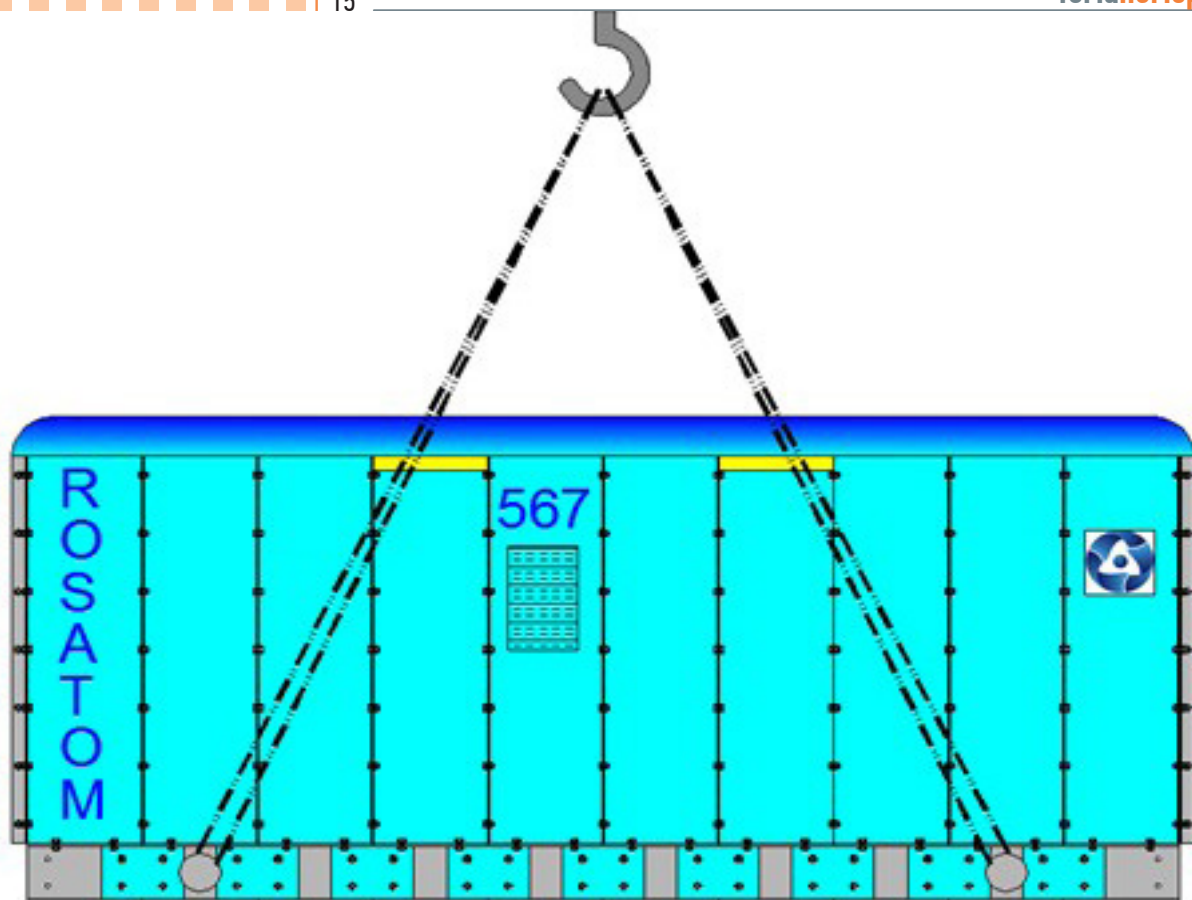
При организации такого «поярусного монтажа» тепломеханического оборудования появляется возможность избежать чрезвычайно трудозатратных работ по доставке монтажных элементов в зону монтажа, а так же возможность приступить к монтажу не дожидаясь окончания строительных работ по возведению здания.

Факторами, препятствующими внедрению этого метода, являются проблемы с комплектацией, а также временным складированием и сохранностью монтажных элементов при совмещенных строительно-монтажных работах.

В АО «Атомэнергопроект» с 2014 г. разрабатывается технология контейнерного монтажа, которая решает вышеперечисленные проблемы и позволяет радикально повысить уровень механизации монтажных работ. Технология контейнерного монтажа позволяет начать монтаж сразу после окончания строительных работ в помещении без затрат времени на подготовку, комплектацию и транспортировку монтажных элементов в зону монтажа. Достигается это следующим образом:

- для каждого помещения АЭС составляется комплектовочная документация, в которой указаны номенклатура и объем размещенных в помещении монтажных элементов.

- комплекты монтажных элементов упаковываются в контейнеры на комплектовочной базе. Конструкция контейнера предусматривает его разборку на отдельные перемещаемые вручную секции (Рис.4).



На этапе строительных работ контейнеры доставляются на строящуюся АЭС и строительным краном устанавливаются в соответствующие помещения до закрытия перекрытия (Рис.5). Контейнеры после опорожнения разбираются на секции и удаляются из бокса (Рис.6).

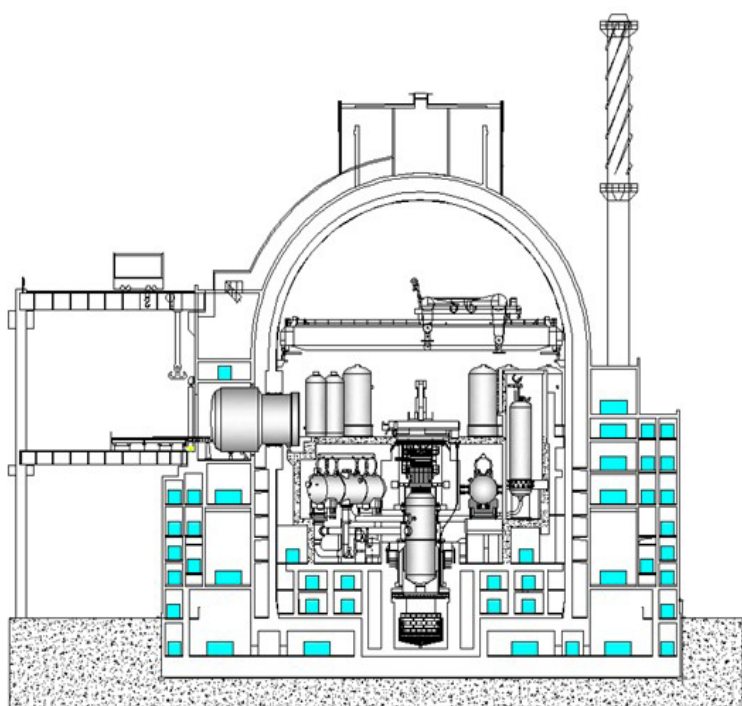


Рис.5 Размещение сборно-разборных контейнеров в помещениях АЭС

Применение технологии контейнерного монтажа позволяет достичь следующих целей:

1. Сокращение сроков монтажа, так как монтажные работы начинаются сразу после сооружения перекрытия над помещением
2. Сокращение трудозатрат на доставку монтажных элементов к месту монтажа, так как установка контейнера с монтажными элементами в помещение производится строительным краном
3. Радикальное повышение уровня механизации монтажных работ

При контейнерной технологии монтажа чрезвычайно перспективно применение гусеничных миникранов (Рис.7)

Современные миникраны способны проезжать в дверные проемы помещений и производить перемещение грузов массой до 2 т в стесненных условиях. Монтажные элементы в контейнере при этом необходимо размещать таким образом, чтобы была возможность за одну операцию миникраном переместить монтажный элемент из контейнера в проектное положение.

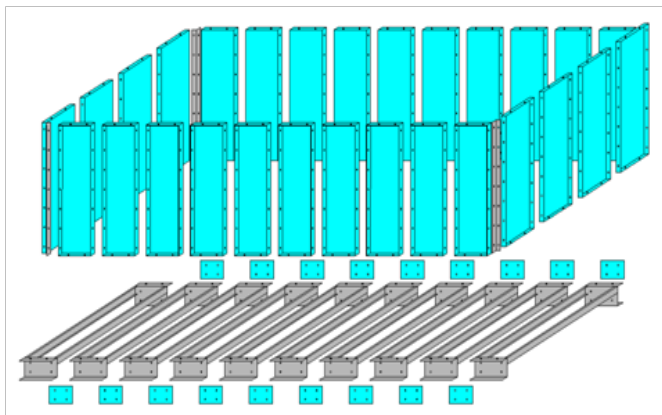


Рис.6 Сборно-разборный контейнер в разобранном состоянии



Рис.7 Гусеничный миникран

Таким образом, применение миникранов при контейнерной технологии монтажа позволит механизировать монтажные работы по всей производственной цепочке.

Преимущества контейнерного монтажа хорошо видны при сравнении логистических схем традиционного монтажа (Рис.8) и контейнерного монтажа (Рис. 9). Из логистических схем видно, что для типичного бокса количество транспортных операций для традиционного монтажа равно 33, а для контейнерного монтажа – 12, то есть количество операций сокращается почти в 3 раза. В такой же пропорции сокращаются и трудозатраты на перемещение оборудования.

Другим важнейшим достоинством новой технологии является возможность начать закупку, входной контроль, предмонтажную подготовку и комплектацию монтажных элементов без привязки к складам и тепломонтажной базе сооружаемой АЭС, что позволяет начать эти

процедуры на 2 года раньше, чем при традиционном монтаже.

С технической точки зрения для применения технологии контейнерного монтажа для АЭС препятствий нет, так как все решения здесь довольно простые и апробированные. Вопрос возникает о возможности организационного обеспечения нового метода, то есть о создании адекватной структуры управления сооружением АЭС и эффективной производственной системы.

Однако при применении нового метода возникает мощный системообразующий элемент – контейнер с комплектом оборудования, обладающий собственным жизненным циклом. Вокруг этого элемента и необходимо выстроить производственную систему, включающую в себя проектирование, конструирование, изготовление, закупку, логистику, строительство и монтаж. При наличии такого системообразующего элемента система легко выстраивается в соот-

ветствии со своей внутренней логикой и оптимальной структурой.

Контейнерная комплекточная база организуется в любом цехе достаточной площади, обладающим кран-балкой или мостовым краном (Рис. 10).

Так как комплекточная база не привязана к площадке строительства АЭС, то работы по комплектации и предмонтажной подготовке оборудования начинаются на 1.5÷2 года раньше, чем при традиционной технологии монтажа. Сравнение традиционной и новой технологии монтажа дано на Рис.11 и Рис.12. На графиках первые два года отводятся под подготовительные работы. При сравнении графиков видно, что внедрение контейнерного монтажа оборудования позволяет на несколько лет сократить срок сооружения и приблизиться к пятилетнему сроку сооружения блока АЭС.

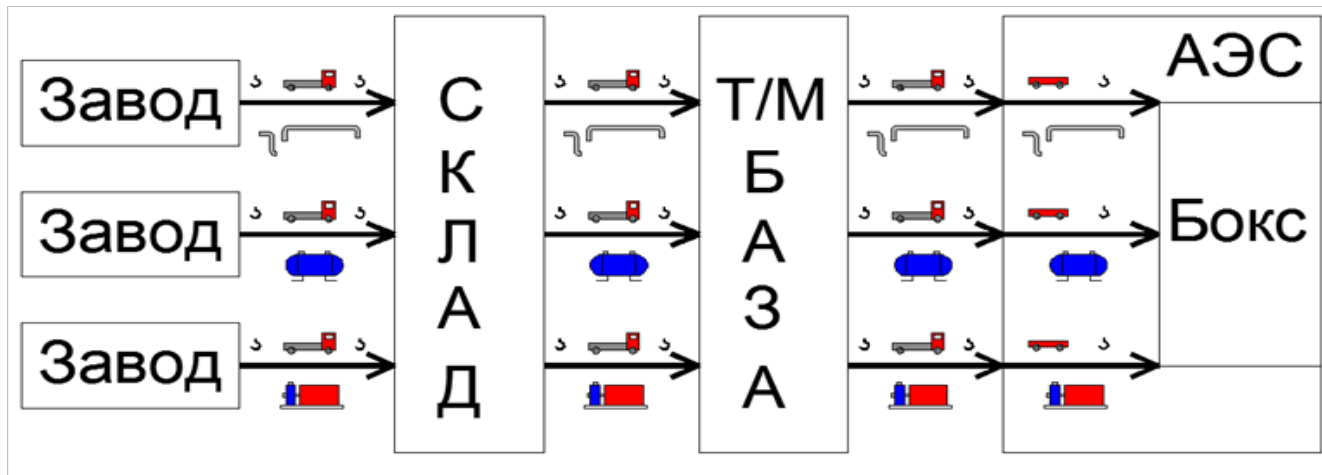


Рис. 8 Логистическая схема при традиционном монтаже

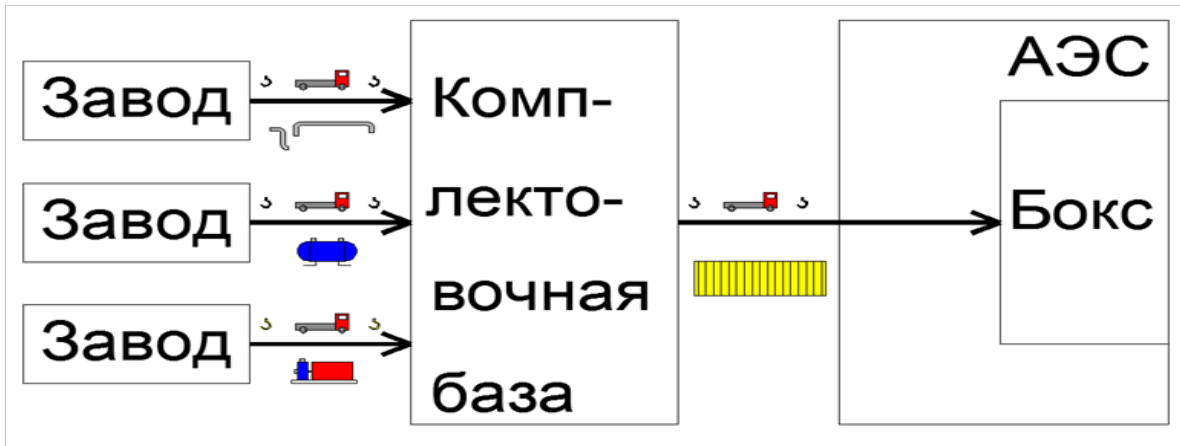




Рис. 8 Логистическая схема при контейнерном монтаже

- ⤴ - транспортная операция с применением грузоподъемного оборудования
-  - транспортная операция с применением автомобильного транспорта
-  - транспортная операция с применением внутристанционного транспорта

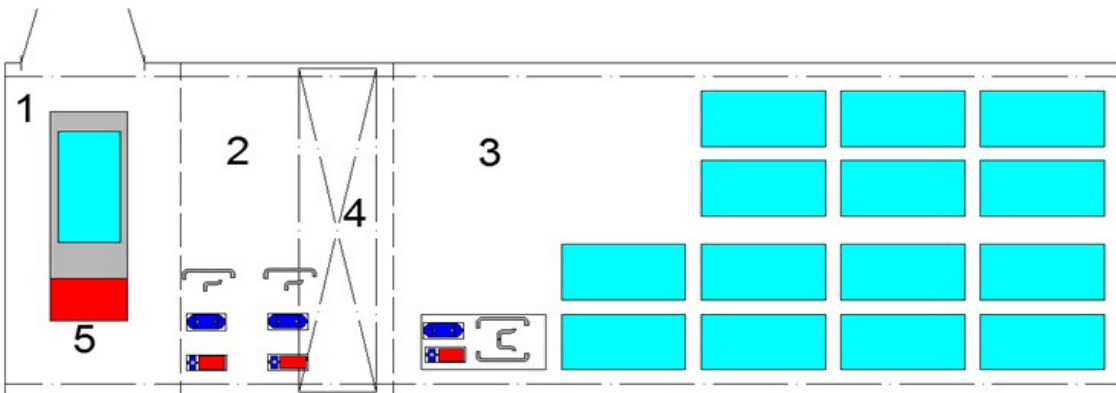


Рис.10

Схема контейнерной комплекточной базы. 1 – транспортная зона, 2 – зона работы с оборудованием, 3 – зона комплектации контейнеров, 4 – мостовой кран, 5 – автомобиль

Контейнерный монтаж – комплекс организационных и технических мер для монтажа элементов в помещениях АЭС с предварительным размещением элементов, относящихся к данным помещениям, в сборно-разборных контейнерах и подачей сборно-разборных контейнеров в соответствующие помещения здания АЭС строительными кранами до сооружения перекрытия помещений.

Сборно-разборный контейнер – контейнер для транспортировки элементов АЭС, способный разбираться на части, пригодные для транспортировки вручную через

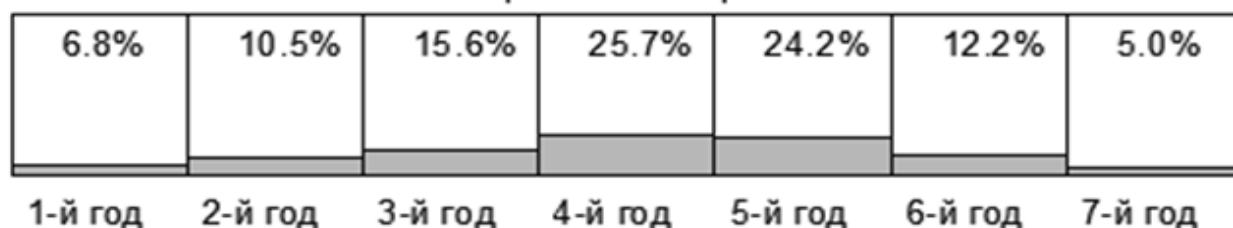
штатные проемы помещений АЭС

Побоксовый контейнерный монтаж – контейнерный монтаж элементов бокса (помещения) АЭС с размещением контейнеров с элементами в боксе (помещение)

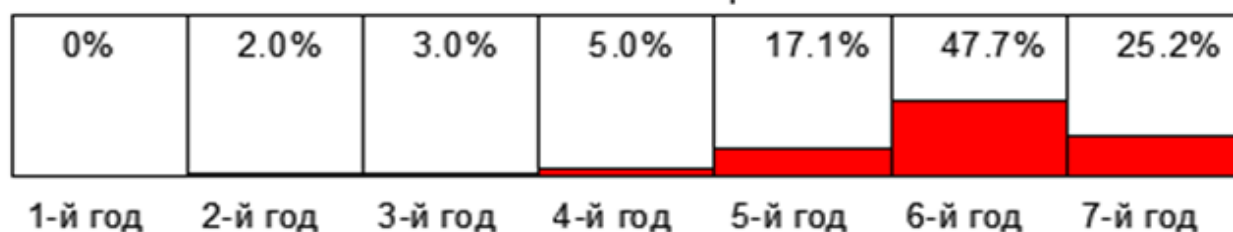
Поярусный контейнерный монтаж – контейнерный монтаж элементов яруса (этажа) здания АЭС с размещением контейнеров с элементами на ярусе (этаже) здания АЭС

Распределение объемов строительно-монтажных работ по годам строительства для энергоблока №1 (традиционный монтаж)

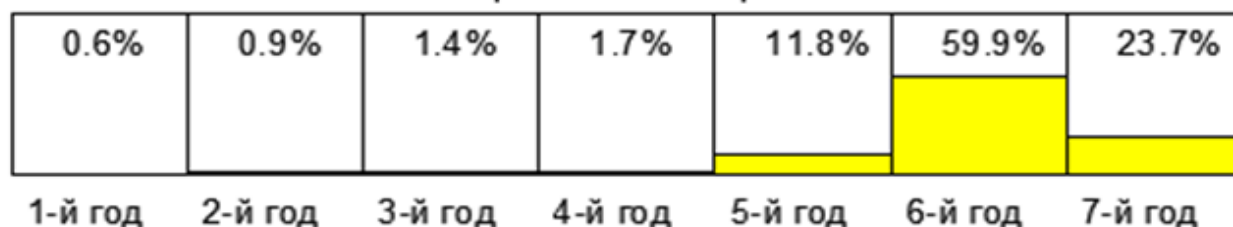
Строительные работы



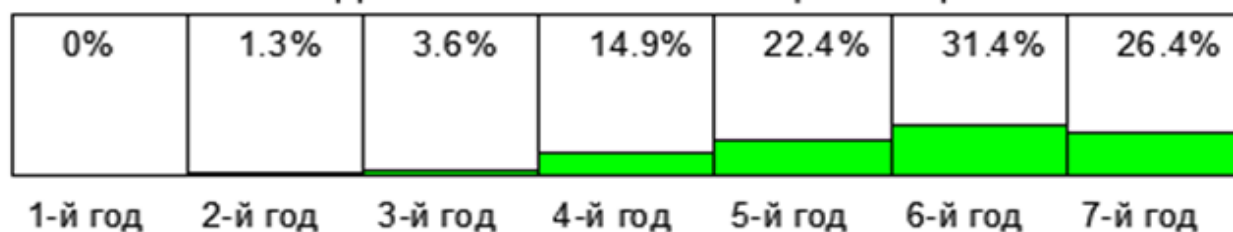
Тепломонтажные работы



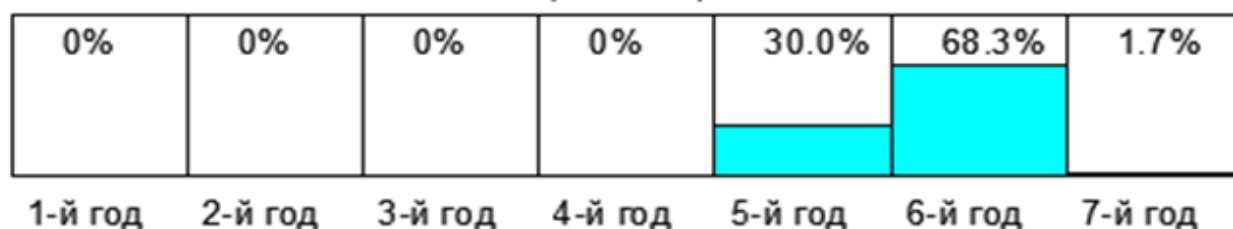
Электромонтажные работы



Антикоррозионные и теплоизоляционные работы



Вентиляционные работы



Распределение объемов строительно-монтажных работ по годам строительства для энергоблока №1 (контейнерный монтаж)

Строительные работы

6.8%	10.5%	15.6%	25.7%	24.2%	17.2%
1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год

Тепломонтажные работы

0%	10.0%	10.0%	20.0%	20.0%	20.0%
1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год

Электромонтажные работы

0.6%	9.4%	10.0%	20.0%	20.0%	20.0%
1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год

Антикоррозионные и теплоизоляционные работы

0%	1.3%	3.7%	35.0%	35.0%	35.0%
1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год

Вентиляционные работы

0%	0%	0%	30.0%	30.0%	40.0%
1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год



Фото: Автоматическая сварка труб в решетке «ОР. Игналинская АЭС, 1981г.

Технология автоматической орбитальной сварки трубопроводов при монтаже реакторных установок АЭС

В.С. Попов, В.А. Хаванов, В.Н. Хорев, С.В. Губа, В.Е. Козлов –
АО «НИКИМТ-Атомстрой»

При сооружении и эксплуатации энергоблоков АЭС, радиохимических производств, транспортных энергетических установок одним из важнейших критериев безопасности их работы является качество сварных соединений трубопроводов. При этом значительная доля трудозатрат приходится на сварку неповоротных соединений трубопроводов, которая производится в различных пространственных положениях и характеризуется высокой плотностью расположения свариваемых трубопроводов и затесненностью рабочего пространства. Данная проблема усугубляется проблемой острого дефицитом высококвалифицированного персонала, в том числе и профессиональных ручников-сварщиков — они и сейчас на вес золота.

Общепризнано, что в условиях крупномасштабного производства и при чрезвычайно высоких требованиях по качеству сварных соединений, достижение высокой производительности работ и стабильности качества сварных соединений возможно только при широком внедрении автоматической сварки.

Характерное для технологических трубопроводов АЭС и других объектов атомной отрасли широкое разнообразие типоразмеров и материалов определило необходимость разработки ряда технологических процессов автоматической орбитальной сварки и сварочного оборудования, отвечающих специфике конкретного объекта. Так, при монтаже энергетических реакторов канального типа (РБМК) и радиохимических производств необходимо выполнить сотни тысяч сварных соединений труб малых и средних размеров (диаметром 12 – 90 мм с толщиной стенки 1-9мм), а также сравнительно толстостенных (диаметром 200 – 350 мм с толщиной стенки до 20мм) из хромоникелевых сталей аустенитного класса. Для реакторов АЭС ВВЭР наибольшую сложность с позиций трудоемкости и обеспечения требуемого качества представляет сварка толстостенных труб как из аустенитных (диаметром до 600 мм с толщиной стенки до 60мм), так и перлитных (диаметром до 990 мм с толщиной стенки до 70мм) сталей.

Эффективным практическим решением задачи создания высокопроизводительной технологии автоматической орбитальной сварки труб малого и среднего диаметра явилась разработка в НИКИМТ способа сварки стыков

труб автоопрессовкой. Сущность способа заключается в том, что для формирования сварного шва с усилением используются термопластические деформации металла соединения, возникающие как следствие развития в зоне сварки напряжений сжатия от неравномерного нагрева стыка труб сварочной дугой. В результате этого одновременно с образованием поперечной усадки при дополнительных «опрессовочных» проходах происходит течение нагретого металла по толщине стенки трубы и формирование усиления с обеих сторон сварного шва. Отличительными особенностями способа автоопрессовки является следующее:

- не требуется выполнять разделку кромок стыка (достаточно торцовки);

- в качестве индикатора провара в корне шва при радиографическом контроле можно использовать обратную фаску в стыке размером 0,5мм;

- введены в нормативную документацию (ПН АЭ Г-7-009-89) конкретные режимы сварки способом автоопрессовки;

- простота конструкции и обслуживания, минимальные размеры сварочной головки трубосварочных автоматов (типа ОДА и ОСА).

Примером эффективного внедрения технологии автоматической орбитальной сварки по способу автоопрессовки и реализующего его сварочного оборудования НИКИМТ может служить их масштабное использование при сооружении радиохимических производств и при монтаже всех энергоблоков АЭС с РУ РБМК; автоматизация сварки трубопроводов на этих объектах достигала 80-90%.

Другим примером эффективного решения задачи автоматизации орбитальной сварки может служить ремонт трубопроводов Ду300 РУ РБМК, изготовленных из хромоникелевой стали аустенитного класса. Как показал опыт эксплуатации, сварные соединения этих трубопроводов подвержены межкристаллитному растрескиванию под напряжением (МКРПН) вследствие высокого уровня суммарных растягивающих остаточных сварочных и рабочих напряжений, повышенного содержания кислорода в теплоносителе, наличия или развития сенсбилизации стали, т.е. обеднения приграничных областей зерен металла хромом. Основным способом устранения таких повреждений трубопроводов, принятых в тот период на АЭС с реакторами РБМК, была вырезка поврежденных коррозией сварных швов и повторная (ремонтная)

сварка трубопровода.

Исходя из предположения, что развитие МКРПН в сварных соединениях трубопроводов Ду300 связано с особенностями технологии их сварки, в качестве важнейшей была поставлена задача разработки ориентированной на предупреждение МКРПН технологии автоматической сварки и создания оборудования для ее реализации в ремонтных условиях. Разработанная по результатам проведенных работ технология и оборудование автоматической аргодуговой сварки (комплекс СА-673) в обеспечение заданных требований предусматривают:

- ограничение тепловложения при сварке корневых проходов (до толщины шва 6 – 8 мм) не более 14 кДж/см (что достигается применением импульсных режимов сварки);
- ограничение тепловложения при дальнейшем заполнении разделки кромок на единицу наплавляемого металла не более 0,107 МДж/см³;
- применение U-образной разделки кромок с углом раскрытия 90°;
- строгое соблюдение режима сварки с записью его параметров и автоматическая регулировка длины дуги, что гарантирует постоянство погонной энергии с заданным тепловложением, высокое качество формирования и структуры металла сварного шва;
- дистанционное управление процессом сварки, что существенно снижает дозовую и тепловую нагрузку на персонал;
- наличие ТВ-системы, которая помимо дистанционного управления позволяет производить оперативный контроль качества внешним осмотром.

За период с 2001 по 2007г. по разработанным НИКИМТом усовершенствованным технологиям ремонтной сварки с использованием комплексов СА-673 было отремонтировано на САЭС, КуАЭС, ЛАЭС более 1200 сварных соединений Ду300. (рис. 2)

С развертыванием в отрасли работ по масштабному сооружению энергоблоков по проекту АЭС-2006, естественно встает вопрос о создании оборудования и технологий автоматической орбитальной сварки, которые в совокупности с надлежашей подготовкой персонала дадут возможность автоматизировать монтажную сварку наиболее ответственных трубопроводов из аустенитных и перлитных сталей.



Рис.2. Трубо сварочный комплекс с дистанционным управлением СА-673

Особого внимания при этом заслуживает задача автоматизации монтажной и ремонтной сварки главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ). До настоящего времени на протяжении уже 30-ти лет монтажная сварка ГЦТ реакторных установок типа ВВЭР 1000 производится ручным электродуговым способом (РДС), применение которого связано с необходимостью выполнения исключительно большого объема сварочных и сопутствующих работ в тяжелых температурных и пространственных условиях. Несмотря на то, что РДС монтажных соединений ГЦТ сопровождается, как правило, достаточно большим количеством исправлений поверхностных и внутренних дефектов металла сварного шва по мере многопроходного заполнения разделки кромок, требования к качеству сварных соединений, установленные нормативной и конструкторской документацией, тем не менее, выполняются и сварные соединения допускаются в эксплуатацию, обеспечивая работоспособность ГЦТ в течение заданного срока службы.

Большой объем сварочных работ определяет необходимость их автоматизации, однако применительно к орбитальной аргодуговой сварке перлитных сталей большой толщины автоматизация представляет собой сложнейшую технологическую задачу, что объясняет столь длительное применение ручной сварки. Но поскольку именно этот объект монтажа содержит наибольший объем сварочных и сопутствующих работ, разработка и аттестация технологии его автоматической сварки является исключительно важной.

Основной проблемой аргодуговой

сварки перлитных сталей является порообразование, которое наиболее интенсивно происходит при толщине сварных соединений более 25-30 мм. Это связано с тем, что в процессе многопроходной сварки происходит последовательное накопление в металле сварного шва газов (кислород, СО, азот), которое обуславливает появление пор и приводит к «кипению» металла сварочной ванны. Одним из возможных путей предотвращения порообразования при аргодуговой сварке сталей перлитного класса является применение присадочных проволок с повышенным содержанием кремния. Как показывает практика, улучшение сплошности сварного соединения этих сталей достигается при содержании кремния в проволоке свыше 0,24%, однако, и в этом случае полностью решить проблему образования газовых включений при аргодуговой сварке не удаётся. Применение разрешенной нормативной документацией на АЭС проволоки марки Св-10ГН1МА с содержанием кремния 0,17-0,35% по разработанным ранее технологиям аргодуговой сварки также не обеспечивало исключения порообразования в сварном шве.

При разработке новых сварочных проволок с более высоким содержанием кремния следует иметь в виду, что после получения сварных соединений требуемого качества необходимо проведение большого объема исследовательских работ для последующей аттестации и оформления разрешения на применение ее в атомной энергетике, что выливается в

длительный дорогостоящий процесс. Кроме того, для некоторых ответственных конструкций повышенное содержание кремния в сварном соединении не допускается, так как в этом случае весьма вероятно деградация металла шва (охрупчивание) в процессе эксплуатации сварного соединения. Именно по этой причине не получил дальнейшего развития выполненный в НИКИМТ технологический вариант автоматической сварки ГЦТ с применением сварочной проволоки марки Св-08Г2С, несмотря на то, что сварной шов в этом случае не имел пор.

Исходя из изложенного, особенно остро поставлены задачи разработки технологии автоматической орбитальной сварки ГЦТ была для НИКИМТ необходимость ее решения строго в рамках действующих требований нормативной и конструкторской документации. Это регламентирует применение определенных марок сварочной проволоки, разделки кромок, контролируемых и сопутствующих технологических операций. Разработанная в плане поставленной задачи технология автоматической орбитальной сварки ГЦТ содержит отличительные признаки новизны по ряду передовых технологических приемов, в том числе синхронизация импульсных параметров процесса сварки, динамическое воздействие на сварочную ванну, применение специальных защитных газовых смесей, блокирующего промежуточного слоя металла сварного шва, синхронизированной записи (документирования) параметров режима и видеоизображения сварки.

В достижении требуемого качества сварных соединений ГЦТ по пористости положительный результат был достигнут за счет реализации разработанного в НИКИМТ способа динамического воздействия сварочной дуги на жидкий металл сварочной ванны, а также благодаря применению в качестве защитного газа аргоно-гелиевой смеси.

Динамическое воздействие на сварочную ванну осуществляется посредством кратковременных импульсов сварочного тока при непрерывном перемещении электрода, в результате чего возникают волнообразные колебания расплавленного металла, интенсифицирующие его дегазацию.

Кроме того, импульсы тока создают тепловые волны в жидком металле сварочной ванны, которые, воздействуя на фронт дискретной кристаллизации сварочной ванны, сокращают шаг фронта и ограничивают тем самым рост газового включения в случае его образования. Таким образом, частота импульсов сварочного тока в ее соотношении со скоростью сварки определяет максимально возможный размер пор в случае их образования. Это позволяет путем назначения соответствующей частоты импульсов сварочного тока предотвращать вероятность появления пор, размер которых превышает допустимый.

Применение аргоно-гелиевой смеси обеспечивает более интенсивный в сравнении с аргоном нагрев зоны сварки, что связано с большим градиентом падения напряжения в дуге; кроме того, плазменный факел дуги горячей в гелиевой смеси существенно шире и покрывает всю поверхность сварочной ванны, дополнительно равномерно нагревая ее поверхностный слой. В результате происходит снижение градиента сил поверхностного

натяжения, изменение направления конвекционных потоков в сварочной ванне с нисходящих на восходящие (с чем связано и различие формы проплавления шва при сварке в аргоне и в гелиевой смеси) и, как следствие, усиление газовыделения из жидкого металла сварочной ванны.

Весьма важным фактором в отношении пористости является и качество защиты обратной стороны сварного соединения при выполнении проходов корня шва: при некачественной защите происходит насыщение металла сварного шва газами атмосферы и интенсивное порообразование вплоть до кипения сварочной ванны уже на втором – третьем проходе сварки.

Реализация приведенных мероприятий при автоматической аргонодуговой орбитальной сварке перлитной стали большой толщины позволила впервые в отечественной практике получить производственные сварные соединения Ду850 (990x70м) практически без пор при использовании сварочной проволоки с ограниченным содержанием раскисляющих элементов.

Значимым фактором, определяющим

эксплуатационные свойства сварных соединений при требуемом сроке службы реакторной установки, является состояние металла шва и околошовной зоны сварного соединения на микроструктурном уровне. При многопроходной сварке структура металла сварного соединения определяется воздействием нескольких температурных циклов от сварки данного и соседних проходов и получение мелкозернистой структуры возможно в случае, когда имеет место требуемая общая длительность пребывания металла шва и околошовной зоны в температурном интервале перекристаллизации.

Это условие может быть выполнено технологическими приемами, обеспечивающими определенное соотношение погонной энергии сварки и высоты сварочного прохода (валика), когда весь металл сварного шва при многопроходной сварке подвергается суммарному тепловому воздействию в требуемом для полной перекристаллизации объеме.

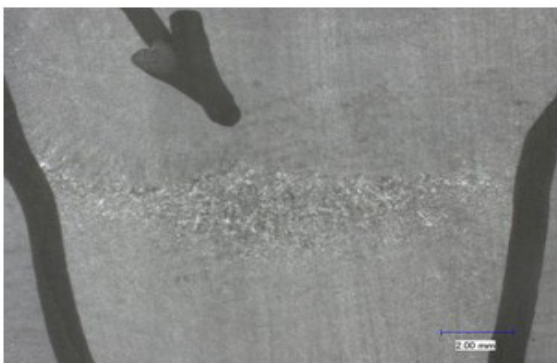
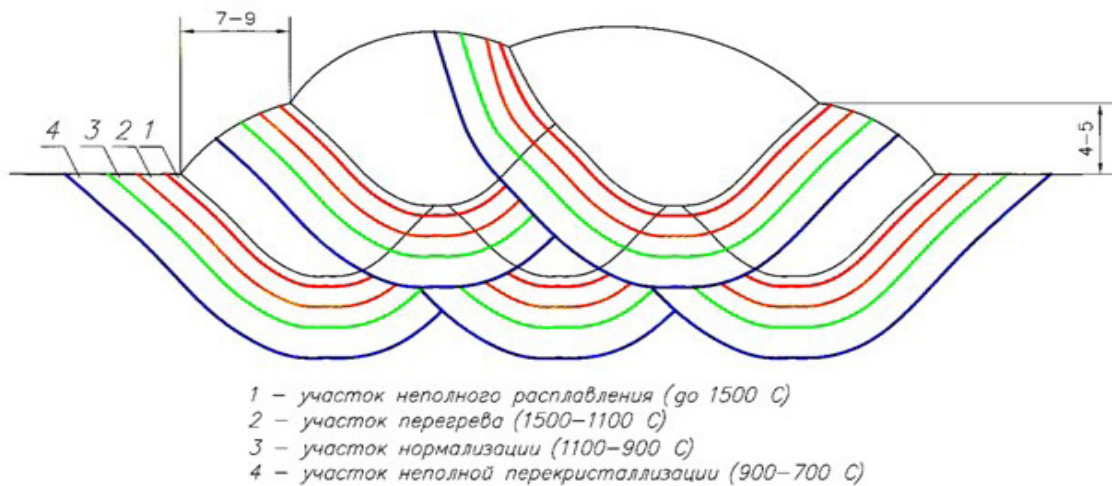
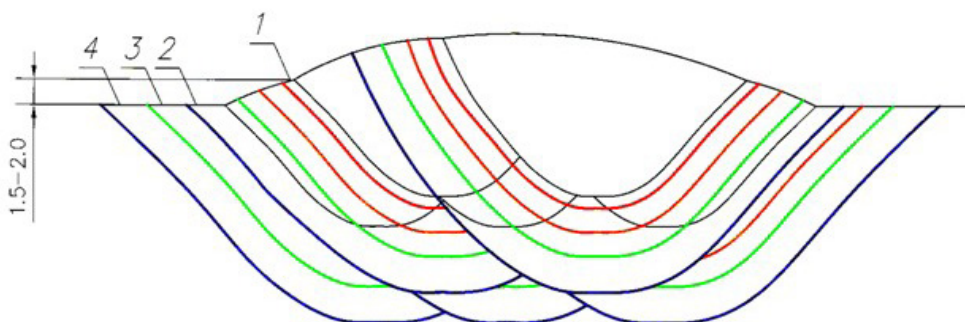


Рис.3. Крупнозернистая структура в сварном соединении



- 1 – участок неполного расплавления (до 1500 С)
 2 – участок перегрева (1500–1100 С)
 3 – участок нормализации (1100–900 С)
 4 – участок неполной перекристаллизации (900–700 С)

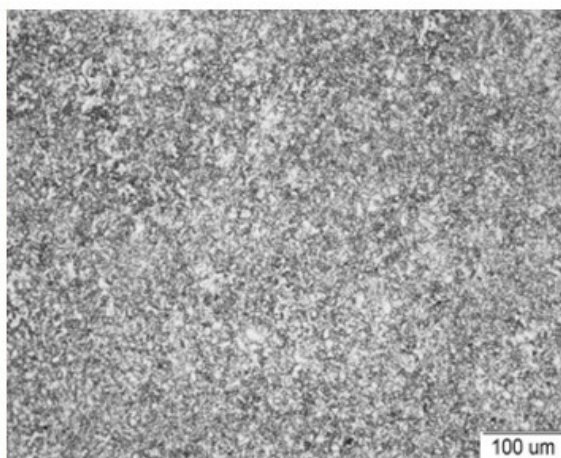


Рис.4 Мелкозернистая структура металла шва по всему сечению сварного соединения

На рисунке 3 представлен участок многопроходного сварного соединения, на котором перекрытие температурных полей, полученных на основании расчетов по параметрам режима сварки и подтвержденных экспериментом, оставляет фрагменты, подвергшиеся неполной перекристаллизации. Это не позволяет получить мелкозернистую структуру по всему сварному соединению вследствие наличия зон укрупненной структуры (до 30% площади сечения наплавляемого металла), где структурные превращения произошли не в полном объеме.

Применение оптимизированного соотношения погонной энергии и высоты наплавляемого валика при последовательном заполнении сварного соединения позволяет получить благоприятную (с точки зрения длительной эксплуатации) мелкозернистую струк-

туру по всему сечению сварного шва (рис. 4).

Результатом исследовательских и опытных работ явилась разработка и аттестация технологии автоматической сварки монтажных соединений ГЦТ; соответствующая технологическая инструкция была оформлена в установленном порядке и определена Ростехнадзором как полностью отвечающая требованиям ФНП атомной энергетики (ПНАЭГ-7-009, ПНАЭГ-7-010) и ПКД.

При аттестации и внедрении технологии автоматической сварки монтажных соединений ГЦТ все контрольные сварные соединения (КСС, ПКСС) выполнялись в строгом соответствии с требованиями разработанной технологической инструкции, контроль их качества и оценка результатов контроля на всех этапах выполнения сварки также производился всеми предусмотренными ПНАЭГ-7-010

и ПКД методами: ВИК, радиографией (РГК), капиллярной дефектоскопией (КК), ультразвуковой дефектоскопией (УЗК), металлографией, механическими испытаниями. Результаты контроля качества всех КСС и ПКСС, выполненных автоматической сваркой, полностью удовлетворяют всем требованиям (таблица № 1).

Созданные НИКИМТ технология и сварочное оборудование (комплекс СА704) позволяют сократить сроки сварки при монтаже главного циркуляционного трубопровода по сравнению с ручной электродуговой сваркой на 20-30%, а внедрение разработанного технологического варианта сварки стыка ГЦТ одновременно двумя автоматами СА-704 (рис. 5) дает дополнительное сокращение сроков сварки еще на 20-30%.

Температура испытаний, Т°С		Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
20	Требования ПНАЭ Г-7-010-89	539	343	16	55
	Технология ААДС	550 - 640	425	22	67
350	Требования ПНАЭ Г-7-010-89	490	294	14	50
	Технология ААДС	525 - 620	410	20	62

Таблица 1. Механические свойства сварных соединений ГЦТ, выполненных автоматической аргодуговой сваркой (ААДС)



Рис.5 Сварка производственного контрольного соединения ГЦТ двумя комплексами СА-704 одновременно

Современные составы бетона на объектах использования атомной энергии

Зам. генерального директора – директор по научной работе
 ЗАО «Институт «Оргэнергострой», канд.техн.наук
 Дорф В.А.

Основные современные тенденции по бетону и бетонной смеси на АЭС и других объектах использования атомной энергии включают:

1. Увеличение применения высокопрочных и особо высокопрочных бетонов.
2. Преимущественное применение высокоподвижных самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБ).
3. Широкое регулирование кинетики твердения бетона.
4. Снижение температуры и тепловыделения бетонов массивных железобетонных конструкций.
5. Обеспечение в особых случаях высокой морозостойкости, водонепроницаемости, прочности на растяжение, безударности, динамической прочности и других специальных характеристик бетона.

Формально по ГОСТ 31914-2012 к высокопрочным относят бетоны классов по прочности при сжатии В60 и выше. Однако, тенденция в проектировании и технологии производства железобетонных конструкций, опыт строительства в Японии, США, Европе, Китае делают необходимым применение бетонов классов от В100 до В250.

Такие бетоны могут применяться для снижения поперечных сечений тяжело нагруженных конструкций в стесненных условиях, для матрицы высокопрочных сталефибробетонов и др.

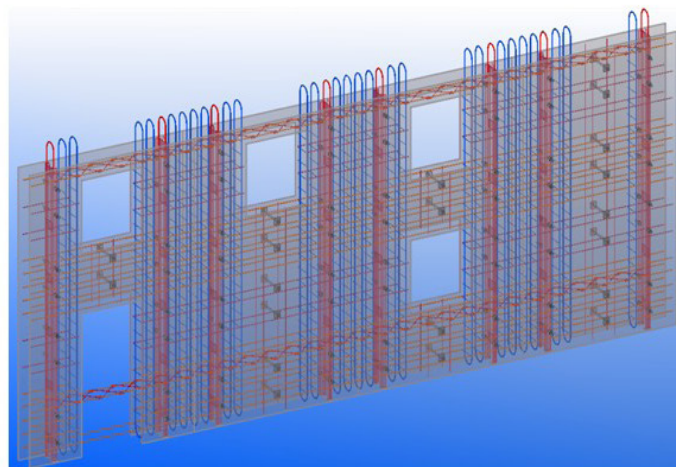
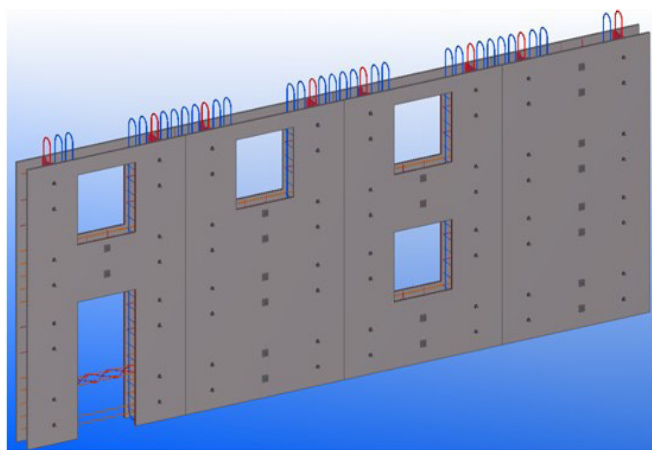
Достижение столь высоких прочностей требует применения особо высокопрочных цементов, например, типа ВНВ и наиболее эффективных гиперпластификаторов, повышающих подвижность бетонной смеси на 25 – 30 %, активных минеральных добавок (микрокремнезема и т.п.).

Принципиально новый подход необходим к выбору заполнителей для таких бетонов. Если традиционно для получения бетонов высокой прочности стремились применять полифракционные высокопрочные щебни с максимально допустимой крупностью зерен и минимальной пустотностью, то теперь подход изменился. В бетонах классов В100 и выше цементная матрица имеет прочность выше, чем гранит и аналогичные высокопрочные заполнители и зерна крупного заполнителя не останавливают рост трещин в бетоне под нагрузкой. Поэтому в особо высокопрочных бетонах крупность заполнителя снижают до 10 мм, а часто до 5 мм или даже 0,6 – 1,2

мм.

Для создания высокопрочной матрицы в бетон обязательно вводят значительное количество тонкодисперсных материалов типа молотого кварцевого песка и других аналогичных материалов.

Снижение крупности заполнителей и увеличение содержания тонкодисперсных материалов нужно и для решения второй задачи – применения СУБ. Известно, что увеличение подвижности бетонной смеси за счет простого увеличения дозировки и эффективности пластифицирующих добавок приводит к резкому росту расслаиваемости бетонных смесей, что создает опасность получения неплотных бетонов и крупных каверн в конструкции. Впервые проблема расслаиваемости высокоподвижных смесей возникла свыше 30 лет назад с появлением современных бетононасосов. На начальном этапе операторы бетононасосов, столкнувшись с плохой перекачиваемостью смеси и образованию пробок в бетоноводе, просто увеличивали подвижность, доливая воду или добавку.



Эскизные проработки вариантов конструктивных решений армопалубочных блоков строительных конструкций стен и перекрытий массой до 95 т с использованием в качестве несъемной опалубки стального листа и фибробетонных плит

Впервые проблема расслаиваемости высокоподвижных смесей возникла свыше 30 лет назад с появлением современных бетононасосов. На начальном этапе операторы бетононасосов, столкнувшись с плохой перекачиваемостью смеси и образованию пробок в бетоноводе, просто увеличивали подвижность, доливая воду или добавку. В результате, смесь становилась более расслаиваемой, под давлением бетононасоса вода уходила по бетоноводу вперед, оставляя сухую пробку. Поэтому в руководства по использованию бетононасосов были введены требования по минимальному содержанию в смеси тонкодисперсных материалов, к которым относились цемент, пылевидные фракции заполнителей и специально вводимые тонкодисперсные добавки, чаще всего зола-унос.

При выборе пластифицирующих добавок для СУБ следует обращать внимание не только на эффект пластификации, но и на склонность бетонной смеси с такими добавками к расслоению (прежде всего, водоотделению). Добавки с равной эффективностью по пластификации могут давать существенно разное водоотделение бетонной смеси. Механизм этого явления до сих пор вызывает споры между специалистами, но факт этот является несомненным.

Достижение требуемой кинетики схватывания бетонной смеси и твердения бетона вызывает необходимость предъявлять разные требования к химическим добавкам. Для сборного железобетона очень часто следует вводить добавки, ускоряющие или хотя бы не замедляющие твердение. Аналогичные требования могут возникнуть и при бетонировании монолитных железобетонных конструкций, например, в скользящей опалубке или при необходимости ранней распалубки конструкций. Ускорение набора прочности бетона часто необходимо при зимнем бетонировании конструкций.

Однако, в большинстве случаев для монолитного бетона требуется замедление схватывания и твердения. Эта потребность связана с желанием избежать лишних рабочих швов при бетонировании крупных конструкций, со стремлением отодвинуть пик тепловыделения в массивных конструкциях и с длительным транспортированием готовых бетонных смесей.

При выборе пластифицирующих доба-

вок для монолитных конструкций надо обращать особое внимание на изменение пластифицирующего эффекта во времени. Широко применяемый в России хороший пластификатор С-3 не более, чем через час, теряет свой эффект. В то же время, ряд импортных и отечественных гиперпластификаторов (в основном, на основе поликарбоксилатов) сохраняют пластифицирующий эффект на протяжении 2 – 3 и даже более часов.

Вопрос тепловыделения и связанного с ним термонапряженного состояния на протяжении многих лет является одним из самых сложных в энергетическом строительстве. В гидротехнике при возведении крупных плотин эту проблему решали, прежде всего, путем использования специально изготовленных для этой цели малотермичных цемента и путем применения трубного охлаждения.

Трубное охлаждение при строительстве АЭС практически не применяется. Нам известен только один случай, когда на строительстве Запорожской АЭС по предложению института «Оргэнергострой» при бетонировании массивного фундамента турбогенератора в жаркую погоду применили трубное охлаждение. Кстати, это был единственный такой фундамент на Запорожской АЭС, не имевший температурных трещин.

Массовое производство малотермичных цемента в России, в настоящее время, почти отсутствует. Наиболее перспективным, на наш взгляд, сегодня является применение специальных установок для сухого домола цемента с сухим пластификатором и другими добавками. При этом удается получать цементы классов ЦЕМ 52,5 – ЦЕМ 72,5 с содержанием клинкера не более 40 – 50 % и имеющими поэтому в 2 – 2,5 раза меньшее тепловыделение, чем обычные цементы.

Еще одной добавкой для снижения температуры бетона массивных конструкций, достаточно широко применявшейся в гидротехническом строительстве СССР, является чешуйчатый лед. В настоящее время установки для производства такого льда в России не выпускаются и взамен введения чешуйчатого льда иногда применяют гораздо менее эффективное введение кускового льда в емкость для воды затворения бетона. В ряде стран (США, Австралия и др.) для снижения температуры бетона для массивных конструкций непосредственно в автобетоносмеситель вводят добавку жидкого азота. К сожалению, строи-

тельные организации в нашей стране к этому мероприятию относятся отрицательно.

Для отдельных конструкций ОИАЭ, таких, например, как градирни, требуется обеспечить высокую морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Как правило, этого добиваются путем введения обычных пластифицирующих и воздухововлекающих добавок. В то же время, как показывают исследования последних лет, высокие показатели морозостойкости (свыше F1000) и водонепроницаемости (свыше W20) легко достигаются при введении в бетон фибры (стальной, полимерной и др.). В Германии и ряде других стран фибробетоны часто применяют при ремонте градирен и аналогичных сооружений.

Введение фибры дает и другие положительные результаты: повышаются трещиностойкость, динамическая и усталостная прочность. Для ОИАЭ это может иметь особое значение для конструкций, испытывающих высокоамплитудные циклические нагрузки (ветровые нагрузки на градирни, вибрационные техногенные нагрузки) или экстремальные ударные нагрузки (удар от падения самолета, гидравлический удар при нештатных режимах работы оборудования, взрывы при террористических актах и т.п.).

Бетоны, армированные композитными материалами, для объектов атомной энергетики

В.Ф. Степанова, В.Р. Фаликман

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство»

Для покрытия прогнозируемого энергодефицита России в ближайшие 30 лет, необходимо будет ввести не менее 300 ГВт новых энерго мощностей. Выполнение новой федеральной программы по атомной энергетике позволит к 2020 году увеличить долю производства электроэнергии на АЭС до 20-30% - в целом, по стране и до 25-40% - в европейской части России. Планируется, что до 2030 года в России будет построено для собственных нужд от 42 до 58 атомных энергоблоков, и, кроме того, от 40 до 50 энергоблоков за рубежом.

Несмотря на громкие заявления о «ренессансе атомной энергетики», прогноз ее развития в мире на 40 - 50 лет, остается неопределенным. Во многом, это связано с проблемами обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности существующих и строящихся АЭС.

Из практики известно, что разрушающему действию агрессивных сред подвергается примерно 75% строитель-

ных конструкций. По опубликованным данным, ежегодный ущерб от агрессивных воздействий составляет до 5% национального дохода. В результате в промышленно развитых странах более 40 % капиталовложений в строительной отрасли используется для эксплуатационного ухода и ремонта сооружений из железобетона и менее 60 % - для возведения новых.

В конце 90-х годов в США только для ремонта мостов из железобетона требовалось более 20 млрд. долларов в год, и, согласно расчетам, эти затраты возрастают ежегодно на 0,5 млрд. долларов. В Великобритании на ремонт подобных сооружений ежегодно тратится более 1 млрд. долларов. Потери, связанные с коррозией арматурной стали в бетоне, достигают значительной величины. Например, некоторые цеха промышленных предприятий подверглись разрушению от коррозии, пробыв в эксплуатации около 2 - 3 лет.

В России средства, затрачиваемые на ремонт и восстановление отдельных

промышленных сооружений, за 4 - 5 лет доходят до суммы, равной общей их стоимости.

Понятно, что проблемы обеспечения долговечности конструкций зданий и сооружений выдвигаются при этом на первый план.

Многолетние исследования и опыт эксплуатации железобетонных конструкций наглядно показали, что основными факторами, обуславливающими их длительную эффективность, безаварийность эксплуатации и экологическую безопасность являются:

- сохранение бетоном первоначальных свойств, установленных требованиями проекта;
- сохранность арматуры в бетоне в течение всего срока эксплуатации зданий и сооружений;
- выбор специальных экологически чистых материалов для защиты бетона и арматуры применительно к условиям эксплуатации.

МИРОВОЙ РЫНОК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основе стекловолокна



30% - КИТАЙ
22% - ЕВРОСОЮЗ (27 СТРАН)
18% - США
30% - ОСТАЛЬНОЙ МИР

На основе углеволокна



40% - ЕВРОСОЮЗ (27 СТРАН)
22% - США
20% - КИТАЙ
18% - ОСТАЛЬНОЙ МИР

На основе натуральных волокон



46% - США
13% - КИТАЙ
13% - ЕВРОСОЮЗ (27 СТРАН)
28% - ОСТАЛЬНОЙ МИР

Как известно, для предотвращения коррозионного разрушения строительных материалов и конструкций сооружений предусматривают следующие виды защиты:

1) первичную, которая заключается в выборе конструктивных решений, материала конструкции или в создании его структуры с тем, чтобы обеспечить стойкость этой конструкции при эксплуатации в соответствующей агрессивной среде;

2) вторичную, которая заключается в нанесении защитного покрытия, пропитке и применении других мер, которые ограничивают или исключают воздействие агрессивной среды на материал строительной конструкции;

3) специальную, которая заключается в осуществлении прочих технических мероприятий, позволяющих защитить строительные конструкции и материалы от коррозии.

Применение методов первичной защиты оправдано и самодостаточно, в основном, для работы эксплуатации конструкций в слабоагрессивных и некоторых среднеагрессивных средах. Доля таких конструкций до недавнего времени составляла не более 30% от общего объема конструкций, работающих в агрессивных средах.

Постоянно проводимые нами обследования состояния конструкций и выявленные причины их преждевременного разрушения позволяют констатировать, что основная доля разрушений приходится на несоответствие проектных требований условиям эксплуатации конструкций; нарушение требований проекта, предъявляемых к бетону по плотности и проницаемости, морозостойкости и морозосолеустойкости; отсутствие необходимых мер вторичной защиты (рис. 1). Во избежание преждевременного разрушения железобетонных конструкций, необходимо учитывать при проектировании расчетный срок эксплуатации конструкций, т.е. закладывать проектные требования к материалам бетона, арматуре, защите, исходя их условий обеспечения их службы на расчетный срок здания и сооружения.

В условиях изменившейся роли государственных органов в контроле за производством и применением промышленной продукции, работ и услуг, а также в связи с новым наполнением Федерального Закона о техническом регулировании, в строительной отрасли сегодня активно проходит процесс актуализации строительных норм и стандартов, гармонизации их с международными и региональными нормами

и правилами.

В 2010 году был введен в действие в качестве межгосударственного стандарта и поддержанный большим количеством стран-участниц Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) ГОСТ 31384-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования». При его разработке мы исходили из того, что в последние годы в российском строительстве произошли существенные изменения: заметно изменилась технология бетона, разработаны и применяются новые бетоны на основе использования современных минеральных и химических добавок, в том числе появились и успешно применяются высокофункциональные бетоны (High Performance Concrete, HPC), открывшие новую эру в строительстве, расширился ассортимент вяжущих веществ, введены в практику строительства новые виды арматурной стали, разработана и выпускается неметаллическая композитная арматура. Обновились и средства вторичной защиты строительных конструкций от коррозии: разработаны и поступают на строительный рынок новые лакокрасочные материалы, материалы для пропитки бетона, мастики на минеральной и на органической основе. В последней редакции СП 28.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) заложены меры первичной и вторичной защиты

из условий обеспечения сохранности строительных конструкций на срок не менее 100 лет, что в 2 раза выше, чем в СНиП это было в более ранних документах. Новый нормативный документ существенно отличается от действующих сегодня норм. Он содержит оценку агрессивности сред по отношению к высокофункциональным бетонам, международную классификацию агрессивных сред, учитывает современные методы защиты строительных конструкций от коррозии, в него внесен ряд изменений, дополнений и корректировок, касающихся первичной и вторичной защиты строительных конструкций. Важным, на наш взгляд, является и появление в документе новых принципов армирования конструкций для предотвращения развития коррозионных процессов за счет применения неметаллической композитной арматуры. Опыт применения неметаллической композитной арматуры в России насчитывает более 50 лет. За последние 16 лет проведены испытания различных связующих (на основе полиэфирных, эпоксидных смол) на стойкость в щелочной среде бетона. оптимизирован состав связующего на основе модифицированной эпоксидной смолы, отработана новая бесфильтровая технология изготовления арматуры (метод «плейнтрузии»).

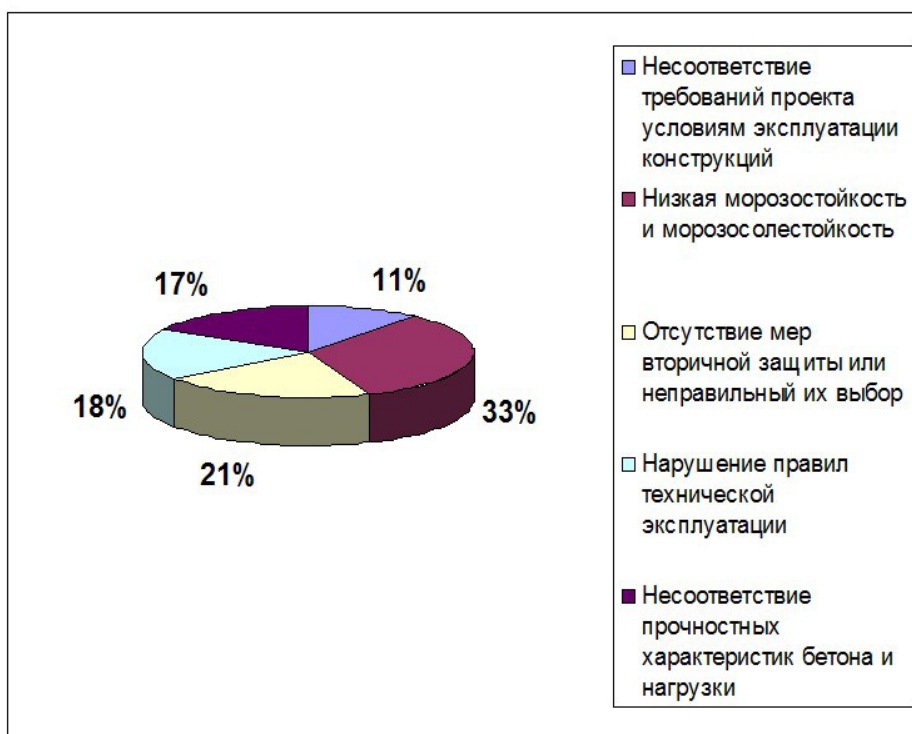


Рисунок 1 – Причины, вызывающие преждевременное разрушение строительных конструкций

№ п/п	Характеристика	Стальная арматура ГОСТ 5781-82	Композитная арматура ГОСТ 31938-2012
1	Коррозионная стойкость	Подвергается коррозии	Не подвергается коррозии
2	Коэффициент линейной температурной деформации, $\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	1.3...1.5	0.5...0.9 (Бетон: 0.7...1.0)
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	46	0.35...0.5
4	Электрические свойства	Электропроводна	Диэлектрик
5	Магнитные свойства	Магнитопроводна	Диамagnetик
6	Экологические свойства	При эксплуатации не выделяет вредных веществ	При эксплуатации не выделяет вредных веществ
7	Диапазон рабочих температур	По СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» от -70 до $+50^{\circ}\text{C}$	от -70 до $+100^{\circ}\text{C}$

Табл.1 Сравнительные физико-технические характеристики стальной и композитной арматуры

В табл. 1 приведены сравнительные физико-технические характеристики стальной и неметаллической композитной арматуры. Для армирования несущих и ограждающих конструкций сегодня применяются различные виды неметаллической композитной арматуры (стеклопластиковая, базальтопластиковая, базальтопластиковая с использованием углеродного волокна). Технологические линии по изготовлению арматуры (бесфильтровая технология) имеют достаточно высокую производительность и позволяют получить арматуру высокой прочности на растяжение с широким диапазоном модуля упругости (от 50 до 140 ГПа). Основным преимуществом неметаллической композитной арматуры является коррозионная стойкость при воздействии агрессивных сред (хлоридов, сульфатов). Арматура не электропроводна, имеет коэффициент теплопроводности 0.35...0.5 Вт/(м·К), что в 100 раз ниже, чем для металлической арматуры, диамagnetик. Все это позволяет создать экологически безопасные, комфортные условия в зданиях и сооружениях, т.е. исключить мостики холода, экранирование

в бетонных конструкциях, снизить вес конструкций, так как неметаллическая арматура легче металлической в 4...4.5 раза. Неметаллическая композитная арматура применяется в дорожном строительстве, в мостовых конструкциях, конструкциях оснований и подземных сооружений; наружных ограждающих и несущих конструкциях в условиях повышенной относительной влажности среды $\geq 75\%$.

Опыт применения композитной арматуры достаточно широк. Наиболее интересны объекты положительного использования стеклопластиковой и базальтопластиковой арматуры для армирования дорожного полотна, оснований, фундаментов, ограждающих и несущих конструкций жилых и общественных зданий.

Использование композитной арматуры на АЭС особенно актуально в высокоответственных конструкциях, высокопрочных элементах сложных конструктивных схем и решений, в коррозионных, химически агрессивных средах. Это, прежде всего, различные гидротехнические сооружения на АЭС, градирни, насосные и гидротехнические сооружения на площадке забора воды. Важно иметь в виду,

что одновременно обеспечивается снижение массы конструкций и трудоемкости производства арматурных работ; снижение степени активации материалов реакторной зоны и облегчение их последующей утилизации.

После сильнейшего землетрясения в Японии выстояли и меньше всего разрушений получили те здания, которые были укреплены с помощью углепластиковой арматуры, что однозначно свидетельствует о том, что ее применение для усиления контейнента в атомной энергетике крайне перспективно.

В настоящее время в России разработан и утвержден межгосударственный стандарт ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия», введена большая группа стандартов, определяющих методы испытаний композитной арматуры (ГОСТ 32492-2013, ГОСТ 32487-2013, ГОСТ 32486-2013), завершается разработка свода Правил (СП) по расчету и проектированию конструкций, армированных неметаллической композитной арматурой.

Выполненные экономические расчеты показали, что замена металлической арматуры на неметаллическую арматуру с использованием стеклянного или базальтового ровинга позволяет экономить до 500 рублей на 1 м³ бетона.

Линии по производству неметаллической композитной арматуры установлены во многих городах России (Бийск, Екатеринбург, Ижевск, Омск, Челябинск, Якутск и др.). В Москве работают более 27 предприятий по выпуску АКП. К неметаллической композитной арматуре проявляется большой интерес в различных странах мира. В мае 2012 г. зарегистрирована Ассоциация организаций по производству и применению неметаллической композитной арматуры и изделий из нее «Неметаллическая композитная арматура». Мы надеемся, что это позволит объединить интересы науки, проектных организаций, производителей и потребителей неметаллической композитной арматуры.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что сегодня одно из самых перспективных направлений в строительной индустрии – применение фи-

бробетонных конструкций различного назначения, в которых все больше используется инновационная неметаллическая фибра.

Фибробетон, как и традиционный бетон, представляет собой композиционный материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. Дисперсное фибровое армирование позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

Фибробетон имеет в несколько раз более высокую прочность при растяжении и на срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость и вязкость разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление кавитации, жаропрочность и жаростойкость. По показателю работы разрушения фибробетон может в 15–20 раз превосходить бетон. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте.

Сопротивление различным воздействиям у фибробетонов в несколько раз выше, чем у обычного бетона.

На сегодня установлены следующие об-

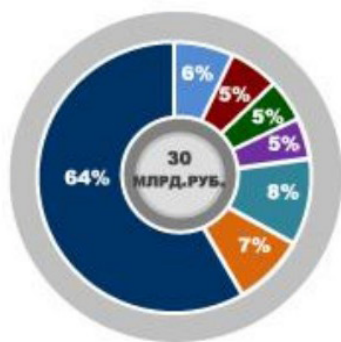
ласти рационального применения фибробетонов:

- монолитные конструкции и сооружения – автомобильные дороги, перекладка покрытия, промышленные полы, выравнивающие полы, мостовые настилы, ирригационные каналы, взрыво- и взломоустойчивые сооружения, водоотбойные дамбы, огнезащитная штукатурка, емкости для воды и других жидкостей, отделки тоннелей, пространственные покрытия и сооружения, оборонные сооружения, ремонт монолитных конструкций полов, дорог и др.;

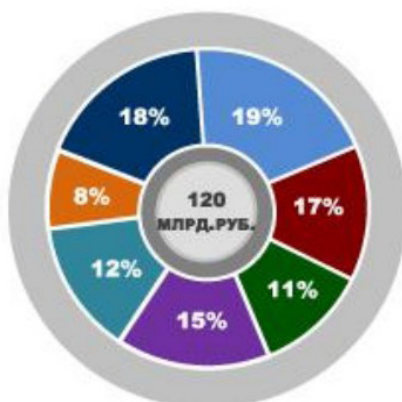
- сборные элементы и конструкции – железнодорожные шпалы, трубопроводы, склепы, балки, ступени, стеновые панели, кровельные панели и черепица, модули плавающих доков, морские сооружения, взрыво- и взломоустойчивые конструкции, плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов, карнизные элементы мостов, сваи, шпунт, обогревательные элементы, элементы пространственных покрытий и сооружений, уличная фурнитура.

СТЕКЛОПЛАСТИКОВАЯ АРМАТУРА

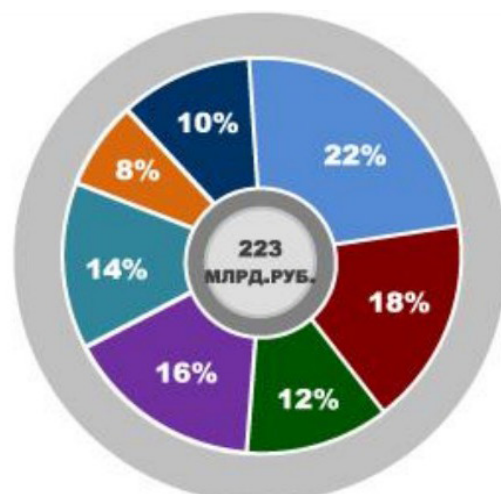




Инерционный



Базовый



Целевой

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА КОМПОЗИТОВ К 2020 ГОДУ ПО ГРАЖДАНСКИМ СЕКТОРАМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ

Практически все вышеуказанные конструкции из фибробетона широко применяются за рубежом, имеется положительный опыт их эффективного использования и в отечественном строительстве. Конструкции могут изготавливаться как с фибровым, так и с комбинированным армированием, когда одновременно применяется фибра и стержневая или проволочная арматура, в том числе композитная.

Стандарты на фибробетоны с неметаллической фиброй, изделия и конструкции из них, применяемые в строительстве и регламентирующие требования к их производству, применению и оценке соответствия уже разработаны и внедрены как международной организацией по стандартизации (ISO), так и во всех передовых странах мира (США, Канада, Япония, Германия, Франция, Италия и других).

Иностранные нормы предусматривают определение механических характеристик фибробетона на этапе производства материала и применение полученных результатов в дальнейшем проектировании, что делает иностранные нормы максимально открытыми для дальнейшего развития и расширения перечня применяемых материалов.

Следует особо подчеркнуть, что методики определения основных характеристик фибробетонов являются при этом важным этапом подготовки исходных данных для расчета.

Сопrotивление различным воздействиям у фибробетонов в несколько раз выше, чем у обычного бетона. Главными показателями свойств фибробетонов являются прочность при сжатии, осевом растяжении, растяжении при изгибе; начальный модуль деформаций; морозостойкость; водонепроницаемость; истираемость; ударная прочность (вязкость). Важнейшая характеристика фибробетона – прочность на растяжение – является не только прямой характеристикой материала, но и косвенной, и отражает его сопротивление другим воздействиям, а также долговечность.

Другая важная характеристика фибробетона – ударная прочность (вязкость разрушения), которая в 3–5 раз превышает ударную прочность обычного бетона.

Низкое сопротивление растяжению, которое характерно для каменных материалов, – наиболее существенный недостаток, снижающий эффективность использования бетона в конструкциях. Ввиду сложной макроструктуры со-

противление растяжению – определяющий фактор и при других видах напряженного состояния бетона. Достигаемое фибровым армированием увеличение отношения пределов прочности при растяжении и сжатии (R_{bt}/R_c) представляет собой средство повышения эффективности бетона как конструкционного материала. Учитывая относительно высокую стоимость и дефицитность волокон, этот показатель решит вопрос о конкурентоспособности фибробетонов по сравнению с другими видами армированных бетонов.

Интегральные свойства фибробетона, как и любого композита, обуславливаются свойствами его компонентов (фибры и бетона-матрицы), а также наличием и степенью их совместной работы. В фибробетоне такая работа обеспечивается за счет сцепления и анкеровки фибры в бетоне.

Важнейшей характеристикой фибры является ее жесткость, характеризуемая модулем упругости E_f . По величине модуля упругости всю производимую фибру целесообразно классифицировать по двум группам.

К первой группе относится высоко-модульная фибра с $E_f = (70-250) \times 10^3$ МПа, включающая стальную и неметаллические виды фибры на основе базальтовых, асбестовых и стеклянных волокон, а также такие специфические модификации, нашедшие в последние годы применение в производстве фиброармированных пластиков (ФАП), тканых рулонных материалов, композитных лент, как углеродное, арамидное, карбоновое волокна с $E_f = (200-700) \times 10^3$ МПа, применяемые для усиления и ремонта строительных конструкций, в первую очередь железобетонных. Последняя группа волокон, обладающая сочетанием высокой жесткости и прочности на растяжение ($R_{f,u}$ до $3,5-4 \times 10^3$ МПа), значительно более рациональна при использовании в виде изделий с одно- или двухнаправленным размещением волокон, а не в качестве хаотично распределенной в объеме фибры.

Высокомодульная фибра является одновременно высокопрочной, и она способна обеспечить значительное упрочнение фибробетона по отношению к исходному бетону-матрице при значительном повышении трещиностойкости (по образованию и ширине раскрытия трещин) как за счет высокого соотношения модулей упругости фибры и бетона $E_f/E_b \approx 7-30$, так и за счет высокого соотношения их прочностей ($R_{f,u}/R_{b,u} \approx 10-100$ для прочности бетона на сжатие, $R_{f,u}/R_{bt,u} = 100-1000$ для прочности на растяжение). Фибробетон на основе высоко-модульной фибры обеспечивает также повышенную ударную стойкость, морозостойкость, водонепроницаемость, истираемость.

Вторая по жесткости группа – низко-модульная фибра – производится на полимерной основе. Она имеет модуль упругости $(2-10) \times 10^3$ МПа, что ниже по жесткости фибры первой группы примерно на два десятичных порядка. Эта фибра оказывает минимальное позитивное влияние на статическую прочность, но обеспечивает в значительной мере снижение усадочного растрескивания, снижает усадку, повышает ударную вязкость и морозостойкость бетона, в частности неавтоклавного пенобетона, обеспечивает вододерживающую способность бетонной смеси.

Для конструктивных элементов, работающих на действие статических нагрузок, важнейшей характеристикой является прочность фибробетона на растяжение $R_{t,fbt}$ и соответствующее ей расчетное сопротивление на рас-

тяжение R_{fbt} . Эти характеристики соответствуют стадии работы композита с выключенной из работы матрицей в силу низкой растяжимости бетона в сочетании с двумя возможными механизмами работы фибры в предельной стадии – разрывом (механизм 1) или выдергиванием из бетонной матрицы (механизм 2). Выгодным с точки зрения достигаемого эффекта и влияния на прочность стале-фибробетона при растяжении является разрыв фибры. В этом случае прочностные возможности фибры реализуются максимально. Разрушение по механизму вырыва обуславливает использование прочностных возможностей фибры на уровне ниже прочности фибры на разрыв, а при слабом сцеплении или малой глубине (длине) анкеровки фибры – на очень низком уровне.

В общем случае соотношение разрываемых и выдергиваемых фибр на стадии разрушения будет связано с расчетной длиной анкеровки, определяемой из условия баланса несущих способностей фибры на разрыв и выдергивание. Принципиально новое поколение фибробетонов – армированные короткой фиброй высокопластичные бетоны – strain-hardening cement-based composites (SHCC). Это высокотехнологичные материалы на цементном вяжущем, которые упрочняются под действием растягивающих нагрузок и обладают предельным удлинением при достижении прочности на разрыв, в 300 раз превышающим удлинение обычных бетонов. Наряду с высокой деформируемостью и повышенной прочностью при изгибе и сдвиге, высокопластичные бетоны отличаются многочисленными трещинами с минимальной шириной раскрытия даже при предельном растяжении вплоть до 5%. Это положительно влияет на долговечность композита, в особенности, когда он используется вместе со стальной арматурой.

Образование многочисленных новых трещин и происходящее постепенное вытягивание фибры, перекрывающей трещины, в высокопластичном бетоне ведет к очень высокому энергопоглощению как при статических, так и динамических растягивающих нагрузках. Таким образом, SHCC можно применять, например, в качестве слоя, поглощающего энергию, для защиты зданий от кратковременных механических воздействий (землетрясения, детонации) или при возведении новых зданий и сооружений с соответствующими характеристиками. Среди других сфер применения можно назвать композитные конструкции из стали и высокопластичного бетона, а также тонкостенные элементы (фа-

садные элементы, трубы, несъемная опалубка и др.), в которых традиционная арматура менее эффективна и недостаточно защищена от коррозии. Кроме этого, высокопластичный бетон обладает отличным потенциалом для восстановления или усиления сооружений. Материал, разработанный в Дрезденском Техническом университете, был успешно применен летом 2011 г. для санирования части верхнего бьефа ГАЭС Хоэнварте II в Тюрингии. Этот проект предусматривал надежное восстановление герметичности бетонных стенок, которое было достигнуто путем перепрофилирования изношенной бетонной поверхности и закрытия трещин и неплотных швов.

Синтетическая фибра состоит из химически синтезируемых (полимеризация, поликонденсация, карбонизация и т.п.) волокон. Различают арамидные, акриловые, нейлоновые, полиэстеровые, полиэтиленовые, полипропиленовые и углеродные волокна. Волокна подразделяются на микро-волокна с длинами в районе миллиметра и макро-волокна с длинами до 80 мм. Соотношения длины и эффективного диаметра волокон находятся в пределах от 100 до 500. Начало активных исследований и выпуска различного рода синтетических волокон относится к середине 1960х-1970х годов. Синтетическая фибра по сравнению со стальной легче распределяется и смешивается, не вызывая абразивных повреждений смешивающего и подающего оборудованию. Фибра из синтетических волокон является химически стойкой, но она имеет низкий модуль упругости и высокую предельную деформируемость, что предопределяет деформацию фибробетона, особенно после трещинообразования. Тем не менее, она может эффективно использоваться для улучшения реологических свойств фибробетонных смесей, структурообразования бетона-матрицы на стадии твердения и повышения его долговечности. Наиболее эффективными с позиций прочности и долговечности фибробетона, в т.ч. при экстремальных химических, температурных и пожарных воздействиях, являются углеродные волокна. Однако фибра из них пока слишком дорога, а снижение ее стоимости – вопрос будущего.

Важной характеристикой синтетической фибры является температура ее плавления, окисления или разложения.

Следует отметить, что указанная температура для синтетической фибры относительно не высокая по сравнению со стальной фиброй, что сказывается на характеристиках огнестойкости конструкций с применением такой фибры.

Высококачественная полимерная макросинтетическая фибра получена в результате технологического прорыва в производстве строительного волокна. Макросинтетическое волокно производят из инновационных материалов, придающих долговечность, функциональность дисперсно-армированному бетону.

Уникальная волнистая форма фибры позволяет обеспечить прочное сцепление с бетоном, придать ему прочность, износостойкость, а конструкции – долговечность и способность поглощать энергию. Кроме того, фибра обеспечивают контроль над трещинообразованием. Использование конструкционной фибры в торкретировании обеспечивает повышенную адгезию, а соответственно, меньшее отслоение раствора, меньший расход и возможность наносить более толстые слои бетона за один цикл.

Макросинтетическую конструкционную фибру различают по длине волокна и областям применения.

Ранее синтетическую конструкционную фибру применяли в гражданском строительстве, как правило, в торкретбетонах, для армирования плит полов, стабилизации и укрепления откосов и порталов. В настоящее время макрофибру начали использовать и в сложных, комплексных конструкциях с высокими проектными требованиями по безопасности и прочности. Сейчас она широко применяется для армирования железнодорожных полотнов, автомагистралей, систем водоснабжения, в различных объектах городского строительства и в гидротехнических сооружениях.

К преимуществам применения фибры относится экономия времени, рабочей силы, сопутствующих материалов (в том числе цемента), улучшение качества поверхности бетона, снижение истираемости бетона, сокращение затрат и сроков проведения работ, повышение морозостойкости, устойчивости к огню, водонепроницаемости, износостойкости, прочности, уменьшение образования трещин при усадке.

Продолжительные по времени испытания на коррозионную стойкость показали, что фибра сохраняет 99% своих технических показателей после одного года неблагоприятного воздействия

окружающей среды (металлическая сетка – 54%).

Использование фибры при строительстве дорог, парковок, тротуаров, велодорожек и других конструкциях дорожного строительства эффективно и безопасно, потому что бетон легко перекачивается и укладывается, не повреждает рукава насосов, не травмоопасен во время укладки, не представляет опасности для шин велосипедов и автомобилей.

Преимущества армирования синтетической фиброй в строительстве вытекают из снижения временных, финансовых и трудовых затрат. При этом вес сборных бетонных конструкций уменьшается, отсутствует коррозия, что особенно важно в гидротехнических и водопроводных сооружениях. Фибра гораздо легче, безопаснее в обращении. Бетонные блоки можно резать непосредственно на стройплощадке для подгонки под объект. Всё это повышает эффективность и производительность работ. Однородное армирование уменьшает риск сколов и разрушений при ударе.

Учитывая сложившиеся условия и мировой опыт, целесообразно ускорить разработки в области технологии и расчета фибробетонов, более широко применять фибробетонные конструкции при проектировании объектов строительства.

По данным Американского института бетона (ACI 544), требуют дополнительного изучения и разработки следующие вопросы применения синтетической фибры:

- определение условий для назначения

предельных размеров захваток при укладке фибробетона с различным типом фибры;

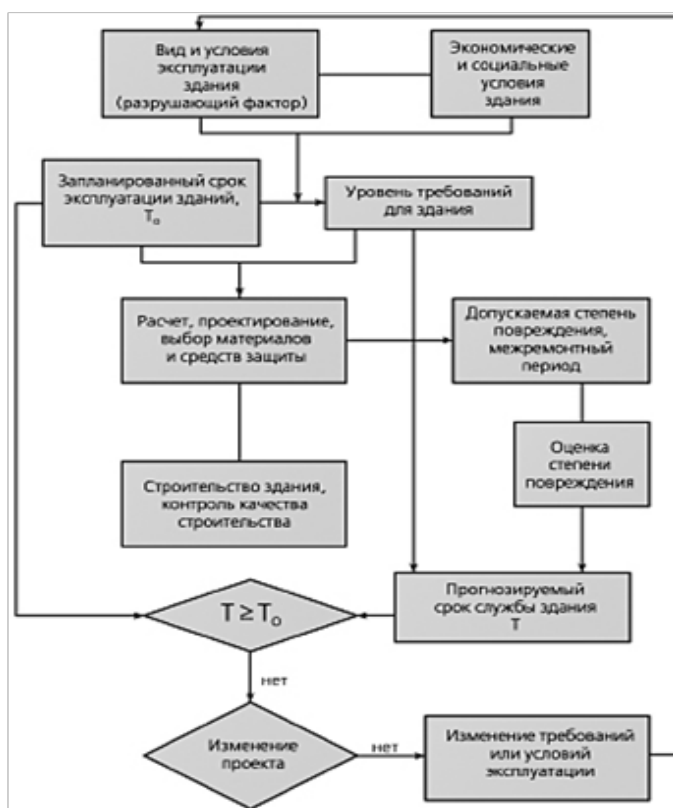
- определение эффективности синтетической фибры при температурных воздействиях и усадке.

- разработка стандартных методик испытаний для ударных и усталостных воздействий;

- дальнейшее исследование совместной работы фибробетона на основе синтетической фибры и стальной стержневой арматурой;

- определение огнестойкости и огнестойкости конструкций с фибробетоном на основе синтетической фибры.

Российскими нормами в отличие от зарубежных в настоящее время предусматривается установление характеристик фибробетона по эмпирическим зависимостям, заложенным в нормативные документы, что подразумевает проведение цикла исследований с конкретными составами фибробетонов и видами волокон в рамках научных исследований при подготовке нормативного документа. Иностранные же нормы предусматривают определение механических характеристик фибробетона на этапе производства материала, и применение полученных результатов в дальнейшем проектировании, что делает их более открытыми для дальнейшего развития и расширения перечня применяемых материалов.



Методика определения основных характеристик фибробетона является при этом важным этапом подготовки исходных данных для расчета. Среднесрочной программой стандартизации Минстроя предусмотрена разработка свода правил по проектированию конструкций, армированных неметаллической фиброй, и релевантных стандартов, гармонизированных с международными нормами.

В мировой строительной практике широкое использование нашли также различные системы «внешнего армирования» на основе композиционных материалов (чаще всего – на основе углеродных волокон), которые применяются для восстановления несущей способности и усиления строительных конструкций различных инженерных сооружений, промышленных и гражданских зданий, мостов, труб, бункеров, причальных сооружений, тоннелей различного назначения, городских подземных сооружений, при реставрации памятников архитектуры.

Определенный опыт работ по усилению и восстановлению конструкций накоплен в Российской Федерации. Так, например, холдинговая компания «Композит» провела усиление композиционными материалами балок, колонн и плит перекрытия в одном из зданий ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» в городе Заречный, который входит в ядерный оружейный комплекс «Росатом», перед установкой в нем более габаритного и тяжелого оборудования. На Ковровском механическом заводе, который входит в топливный дивизион корпорации, требовалось реконструировать рабочий цех — восстановить частично потерянную несущую способность конструкций перекрытия. При этом оба ремонта были проведены без остановки производства.

Армирующие элементы для так называемых «систем внешнего армирования», применяемые для усиления железобетонных конструкций, разделяются на два типа:

- однонаправленные ленты, состоящие из слоя армирующих волокон в одном направлении. Ленты обладают высоким модулем упругости при растяжении и относятся к однонаправленным анизотропным ПКМ;

- ткани, сплетенные из последовательно чередующихся слоёв волокон в двух (возможно, и в трех или четырех) направлениях. В случае двунаправленных тканей отдельные слои могут быть перпендикулярны или располагаться под некоторым углом друг к другу (например, $+30^\circ/-30^\circ$). В

результате волокна получают слегка изогнутыми, поэтому при приложении нагрузки сначала происходит выпрямление волокон в структуре ткани. Только после этого ткань начинает работать в соответствии со свойствами входящих в её состав волокон.

ПКМ из ортогонально армированных тканей относятся к ортотропным (ортогонально анизотропным) материалам и характеризуются наличием в каждом элементарном объеме трех взаимно перпендикулярных плоскостей симметрии свойств.

Наиболее распространенными формами применяемых для усиления композиционных материалов являются холсты различного плетения и полосы или пластины (ламели, ламинаты). Холсты представляют собой гибкую ткань с одно- или двунаправленным расположением волокон. При установке на конструкции они «утапливаются» в полимерный клей – матрицу, обеспечивающую их плотное прилегание к усиливаемой конструкции. Полосы или пластины – это изготовленные в заводских условиях изделия из композиционного материала, непосредственно приклеиваемые на заранее подготовленную поверхность усиливаемой конструкции. Объемное содержание армирующих волокон в полимерной матрице колеблется от 25 - 35 % - в холстах до 50 - 70 % - в полосах.

Помимо этого, из композиционных материалов изготавливают оболочки для создания обоев при усилении колонн и цельные каркасы для усиления обделок подземных тоннелей различного назначения.

Очевидно, что свойства ПКМ будут достаточно сильно различаться в каждом конкретном случае. Вычисление размеров необходимого внешнего армирования основывается на оценке теоретической площади волокон и их теоретических свойствах. На практике максимальное содержание волокна в композите при ручном формовании не превышает 50% и определяется геометрией плетения, вязкостью смолы, порядком наложения и степенью уплотнения отдельных слоев. Свойства же готового композита будут зависеть от условий окружающей среды, опыта рабочих и многих других субъективных факторов. Поэтому производителями обычно рекомендуется вводить коэффициент учета окружающей среды (от 1,1 до 1,8), на величину которого при расчете предлагается уменьшать модуль упругости полученного композита.

Независимо от того, какой способ выбран для проведения работ, для обеспе-

чения качества усиления состояние бетонной поверхности, на которую наклеивается композит, имеет очень большое значение. Так, в случае усиления новых конструкций минимальный возраст бетона в зависимости от конкретных условий должен составлять 21 - 42 дня.

Основной объем исследований экспериментальных исследований железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием из композиционных материалов, выполнен в зарубежных странах. Экспериментально изучалось усиление колонн, опор мостов, изгибаемых балок и плит. В документах достаточно подробно освещены вопросы прочности, жесткости и трещиностойкости изгибаемых элементов, усиленных приклеиванием внешней композитной арматуры в растянутой зоне, в том числе под нагрузкой; прочности, жесткости и трещиностойкости внецентренно сжатых элементов, усиленных путем устройства обоев из композиционных материалов; прочности сцепления композита и бетона, а также длины анкеровки внешнего армирования; способы расчета нормальных сечений усиленных конструкций.

В последние годы, помимо холстов и полос, из композиционных материалов изготавливают гладкую и рифленую арматуру, проволоку, канаты, пряди, каркасы, оболочки. Эти виды композиционных материалов, в основном, используют при новом строительстве, заменяя обычную стальную арматуру в условиях предполагаемого агрессивного воздействия внешней среды.

Важным качеством композиционных материалов, имеющим существенное значение при выборе системы усиления железобетонной конструкции, является их упругое деформирование, вплоть до разрушения. Композиты, как правило, не обладают пластическими свойствами стали, и их разрушение носит хрупкий характер. В силу этого при проектировании усиления железобетонных элементов композиционными материалами необходимо накладывать ограничения на величину упругих деформаций бетона и стали, работающих совместно с композитами. При этом необходимо иметь в виду, что упругий характер деформирования композиционного материала не способствует перераспределению напряжений в усиливаемой конструкции.

Всем этим можно объяснить постоянно растущий объем применения

композиционных материалов на основе углеродных волокон, например, в Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Канаде, Польше, США, Франции, Чехии, Японии и других странах. В Швейцарии, например, они применяются уже в более чем в 80 % случаев усиления всех железобетонных строительных конструкций.

Говоря о сроке службы конструкций, нельзя не упомянуть о сложности и многогранности этой проблемы, которая, по мнению некоторых известных зарубежных специалистов, зачастую решается не совсем корректно.

Применяемый в течение многих лет в отечественной и зарубежной практике термин «долговечность конструкций» является достаточно субъективным и часто трудно определяемым количественно. Именно поэтому за рубежом в последнее время его часто заменяют термином «срок службы», измеряемым количеством лет. Этот термин относится к конструкциям, проявляющим удовлетворительные эксплуатационные качества в течение оговоренного периода времени без непредвиденных расходов на эксплуатацию.

Конструкции и сооружения, в соответствии с новыми международными нормами, рекомендуется проектировать именно с учетом заданного срока службы, с применением положений, отраженных в серии 14040 стандартов ISO (ISO 14040 - ISO 14049).

На схеме (рис. 2) приведены основные требования для проектирования зданий и сооружений по «жизненному циклу». Несмотря на то, что в Техническом регламенте «О безопасности зданий и сооружений» (ФЗ №384) прямо упоминается необходимость такого подхода, нормативная и доказательная база его пока не разработана.

В последние годы расчёты конструкций на долговечность становятся нормой во многих странах мира. В ЮАР, например, введены упрощенные контрольные испытания на долговечность, которые используются для оценки срока службы конструкции. Эти испытания, базирующиеся на эксплуатационных характеристиках, дают возможность подбора состава бетонной смеси для индивидуальных проектов.

Ни для кого не секрет, что обеспечение долговечности зданий и сооружений на расчетный срок службы – механизм затратный уже на стадии строительства. Поскольку, как правило, здание или сооружение после их возведения переходят во владение (или управление) эксплуатирующей организации,

в цепочке «инвестор» → «заказчик» → «подрядчик» → «конечный собственник» («эксплуатирующая организация» изначально присутствует конфликт интересов.

Окупаемость всех произведенных затрат по обеспечению долговечности возможна только в процессе эксплуатации. Расчеты, выполненные в начале 90-х годов специалистами НИИЖБ, однозначно показывали, что преждевременный выход конструкции из строя приводит к большим затратам на их ремонт и восстановление и значительно превышает первоначально потраченные средства на обеспечение требуемых мер защиты конструкций от повреждения, особенно при воздействии средние и сильноагрессивных сред.

В 1999 году по инициативе Комплекса перспективного развития г. Москвы была разработана программа «Железобетон», в которой были отражены задачи повышения долговечности строительных конструкций. На одном из мероприятий, посвященных празднованию 10-летия Комплекса перспективного развития г. Москвы, тогдашний руководитель Комплекса, 1-й вице мэр Москвы В.И. Ресин сказал: «Наша задача – не строить дешево, а эксплуатировать дешево». К сожалению, об этом высказывании очень быстро забыли.

ЗДЕСЬ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО, СЛЕДУЕТ ИМЕТЬ В ВИДУ ИЗВЕСТНЫЙ «ЗАКОН ПЯТИ» ДЕ СИТТЕРА (РИС. 3), КОТОРЫЙ УТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ОДИН ДОЛЛАР,

ПОТРАЧЕННЫЙ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА, ЭКВИВАЛЕНТЕН ПЯТИ ДОЛЛАРАМ, ПОТРАЧЕННЫМ НА ПРЕВЕНТИВНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ, И ДВАДЦАТИ ПЯТИ ДОЛЛАРАМ, ПОТРАЧЕННЫМ НА КОРРЕКТИВНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ, Т. Е. НА РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ.

Строительство АЭС сегодня занимает минимум 7-8 лет, что значительно отличается от времени строительства ТЭС и газовых электростанций. Длительный срок строительства снижает привлекательность инвестирования в строительство АЭС, уменьшает конкурентоспособность, приводит к замораживанию средств и увеличению стоимости капитальных вложений. Применение композиционных материалов, во многом, снизит эти издержки, а увеличение «жизненного цикла» конструкций значительно уменьшит затраты при эксплуатации сооружений. Наибольший эффект для ускорения строительства может обеспечить принцип модульности конструкции, который позволяет производить часть монтажных работ на площадке завода-изготовителя, что, в свою очередь, положительно сказывается на культуре производства, общей безопасности, уменьшает стоимость и сроки монтажных и пуско-наладочных работ.

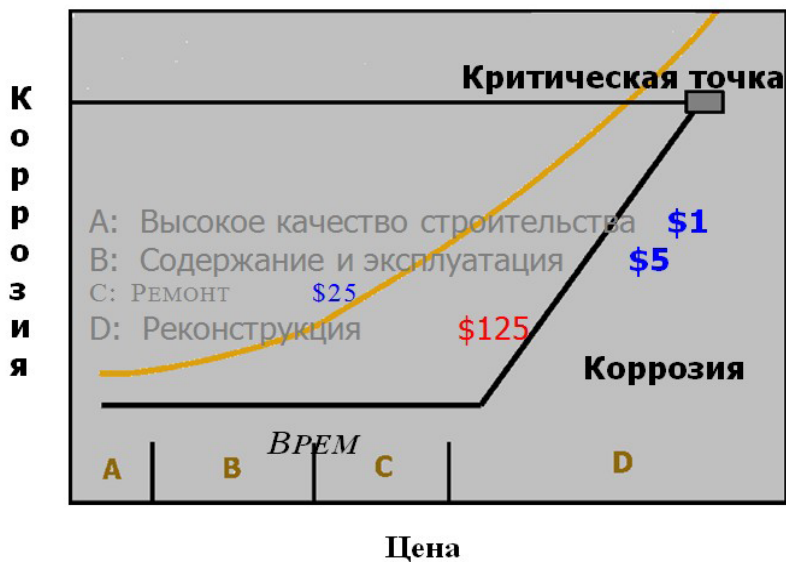


Рисунок 3 – «Закон пяти»

Человечество переживает смену технической парадигмы цивилизации. В условиях роста численности населения планеты и неминуемого возникновения сырьевого и энергетического дефицита в строительстве будет происходить достаточно быстрое вытеснение традиционных материалов и технологий энергосберегающими и материалоеффективными решениями. Расширенное применение композитов – одно из основных направлений модернизации строительной индустрии в качестве эффективного ответа на вызовы современности.

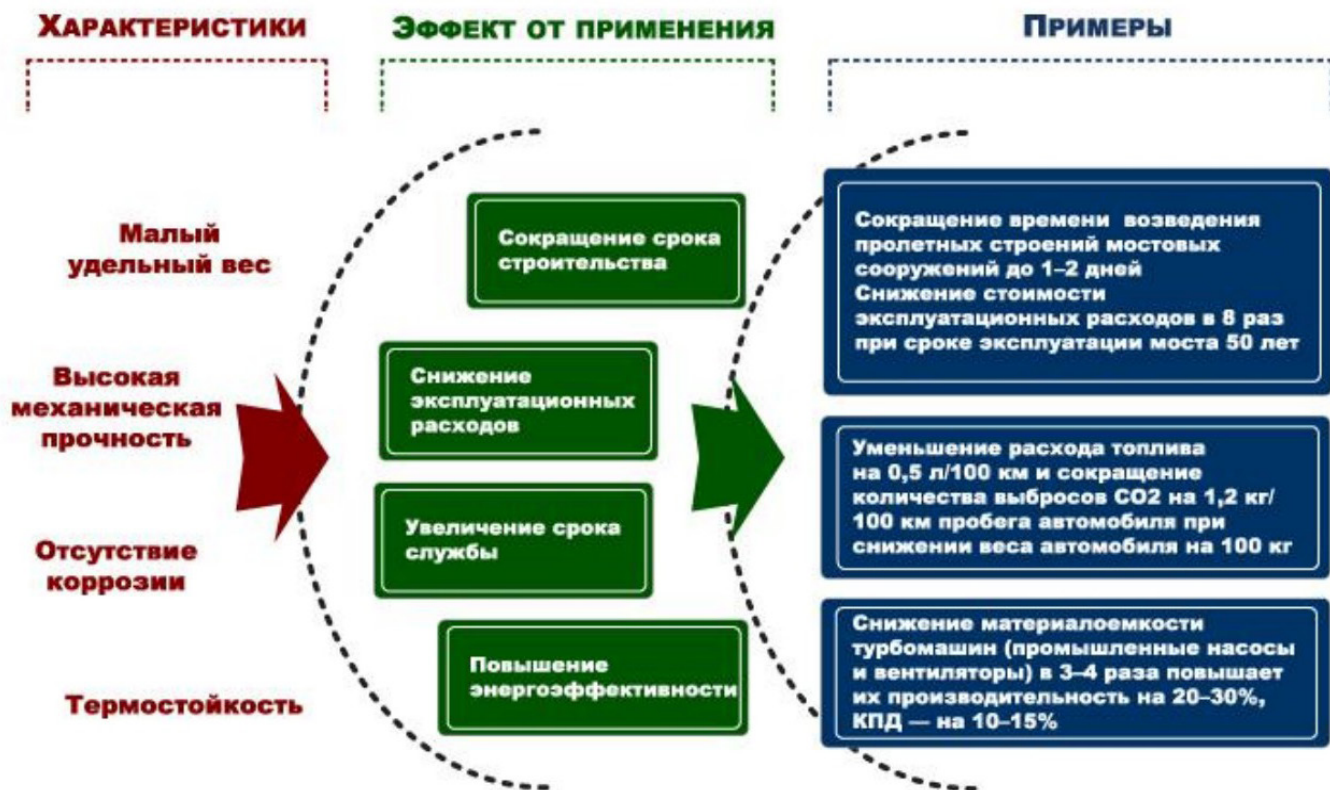
Мировой рынок композитов в строительстве составляет около \$3,5 млрд (по сырью). В России этот рынок растет значительно быстрее. Так, в 2012 году в строительстве применено 55 тыс. т стеклопластиков, 4,8 тыс. т базальтопластиков, 48 т углепластиков, которые, в основном, представлены лентами, ламинатами и сетками.

В 2013 году Росстандартом подготов-

лен план разработки документов в области стандартизации и нормативных документах в сфере применения композиционных материалов, конструкций и изделий из них в гражданских секторах экономики. Кроме того, в экстренном порядке после проведения необходимого объема дополнительных исследований должны быть разработаны и представлены в Минстрой РФ для утверждения Своды правил, касающиеся проектирования конструкций, армированных композитной арматурой и фиброй, усиления конструкций с применением углепластиковых ламинатов и полотен, использования канатов, сеток, чопсов и другой продукции. Крайне важной является параллельная разработка соответствующих Пособий, поскольку без них работа проектировщиков и строителей будет крайне затруднена. Особенно важно отметить необходимость таких разработок для объектов атомной энергетики, учитывая специфику ответственности таких сооружений.

Границы применения композитов быстро расширяются. Сегодня США потребляют 35% мирового производства композитов, Европа – 22%, Азия – 43%, в то время как российский рынок в составе стран BRICS занимает менее 1%. Однако, доля применения композитов в разных отраслях промышленности России, в том числе в строительстве, растет быстрыми темпами, а прошедшая в Париже крупнейшая композитная выставка JEC 2012 стала самой «русскоговорящей» за последние годы. Применение композитов, обеспечивающих уникальные и высокие эксплуатационные свойства конструкций в течение длительного срока эксплуатации, может стать для России мощным источником стратегической конкурентоспособности.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ



Охрана труда и промышленная безопасность при сооружении объектов использования атомной энергии

Денисов А.В – Первый заместитель генерального директора ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность»

Законодательство по промышленной безопасности пересекается с законодательством по охране труда в части требований по соблюдению мер, направленных на обеспечение безопасности персонала. Выполнение этих требований в ряде случаев может предотвратить возникновение аварии на опасном производственном объекте.

Основной «точкой пересечения» является близость принципов лежащих в основе законодательно установленных понятий охрана труда и промышленная безопасность.

Первый и фундаментальный принцип охраны труда – предотвращение несчастных случаев, случаев производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Все мероприятия охраны труда и всех ее частей, например безопасности труда, гигиены труда, направлены на это.

Вовремя предотвратить – главная цель и задача в охране труда, что предусматривает проведение профилактических мероприятий, в числе которых особое внимание уделяется вопросам подготовкам персонала.

Главный принцип обеспечения промышленной безопасности – предупредить аварию, в результате которой могут погибнуть люди в процессе производственной деятельности.

Строительство – особенная отрасль, требующая специального подхода к решению вопросов охраны труда и промышленной безопасности. Обусловлено это повышенной опасностью СМР.

В процессе строительства приходится сталкиваться с большим количеством опасных факторов (работы на высоте, на открытом воздухе, в том числе, при неблагоприятных погодных условиях, с вредными и опасными веществами, при повышенном уровне шума, в электроустановках, огнеопасные работы, работы, связанные с подъемом и перемещением тяжелых грузов и т.д.).

Здесь же необходимость применения разнообразного оборудования и инстру-

мента, требующих дополнительного обучения персонала и повышенного внимания при работе.

Повышенная опасность строительных работ ведет к тому, что любое, даже незначительное, нарушение норм безопасности может стать причиной травм и гибели людей, привести к аварии.

По данным Министерства труда и социальной защиты почти четверть травм со смертельным исходом на производстве приходится на строительную отрасль.

По данным отдела технического надзора СРО атомной отрасли с 2012 года по первое полугодие 2015 года при строительстве ОИАЭ в целом 15 человек погибло, 24 человека получили тяжелые травмы. Характер выявляемых при проверках технадзора нарушений позволяет сделать вывод о недостаточности принимаемых организациями мер по обеспечению безопасности персонала.

Анализ показывает, что основными причинами несчастных случаев продолжают оставаться недостатки в организации строительно-монтажных работ, в том числе недостатки и фор-

мальный характер контроля за соблюдением требований безопасности в подрядных организациях.

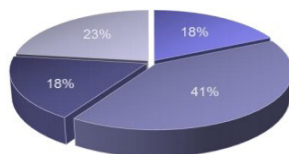
Около 18% составляют причины, связанные с низким уровнем квалификации работников и недостатками в обучении безопасным приемам работ. Основными травмирующими факторами продолжают оставаться падение с высоты (около 70 % всех несчастных случаев), а также воздействие падающих и движущихся предметов.

От требований по охране труда зависит и возможность исполнения условий, ограничений, запретов и эффективность контроля за соблюдением требований. От требований по охране труда зависит и проработанность соответствующих решений в ПОС и ППР. В настоящее время в сфере охраны труда действует более 300 нормативных правовых актов и методических документов. Основная проблема – несогласованность требований различных ведомств, их общий характер и размытость.

Однако, есть и позитивные сдвиги.

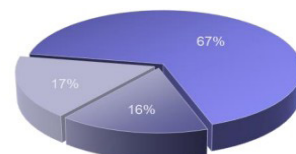
Основные причины несчастных случаев и травмирующие факторы (2011 – 2014)

Причины несчастных случаев:



- Недостатки контроля за соблюдением требований безопасности при выполнении работ
- Недостатки в организации работ
- Недостатки в организации обучения работников безопасным приемам труда
- Прочие

Травмирующие факторы:



- Падение пострадавших с высоты
- Воздействие падающих, движущихся предметов
- Прочее

Характерные несчастные случаи: падение с высоты, падение предметов на пострадавших – носят повторяющийся характер

В частности Правительством Российской Федерации утверждена Концепция повышения эффективности обеспечения соблюдения трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права.

В рамках Концепции запланированы важнейшие мероприятия:

инвентаризация, систематизация и актуализация актов, содержащих обязательные требования;

формирование исчерпывающего перечня обязательных требований;

подготовка методических материалов для работодателей на предмет соблюдения обязательных требований.

Безусловно, это должно коснуться и требований по охране труда.

Уже в этом году утверждены Правила по охране труда в строительстве, которые в дальнейшем должны заменить СНиП «Безопасность труда в строительстве».

Утверждены также Правила по охране труда при работе на высоте и Правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов.

В связи с этим перед СМО атомной отрасли стоит задача приведения локальных документов в соответствие с новыми требованиями и их исполне-

ние.

Разработанный в этом году проект СТО «Охрана труда и промышленная безопасность при сооружении ОИАЭ и других объектов капитального строительства. Общие требования» учитывает новые требования.

Несколько слов о предыстории разработки указанного СТО.

В 2014 году ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» совместно с ЦТКАО разработан СТО «Организация культуры производства на площадках сооружения ОИАЭ».

Положения стандарта направлены на повышение культуры производства на строительных площадках ОИАЭ и по решению дирекции СРО СОЮЗАТОМ-СТРОИ с 3 квартала 2015 года стандарт должен быть внедрен на площадках сооружения ОИАЭ.

В рамках этого стандарта в общем виде обозначены направления по обеспечению безопасных условий труда и формированию культуры безопасности.

Свое развитие эти разделы получили в разработанном в этом году стандарте «Охрана труда и промышленная безопасность на площадках сооружения ОИАЭ и других объектов капитального строительства. Общие требования», вторая редакция которого проходит общественное обсуждение.

Вновь разрабатываемый стандарт по ОТ и ПБ, содержит важнейшие требования и нормы, которые касаются:

политики в области ОТ и ПБ; функций СМО в области ОТ и ПБ;

организации Служб по ОТ;

создания системы управления охраной труда;

организации специальной оценки условий труда;

обучения, повышения квалификации и проверки знаний руководителей и работников СМО;

формирования культуры безопасности;

обеспечения безопасности оборудования и строительной техники;

контроля состояния ОТ и ПБ;

расследования несчастных случаев.

А также ряд других требований.

Одним из актуальных для освоения организациями направлений деятельности в области ОТ при строительстве ОИАЭ является формирование культуры безопасности, которая предусматривает формирование системы человеческих, организационных и технических факторов, направленных на достижение надежной и безопасной работы

Нововведения в законодательстве по промышленной безопасности

Общая схема классификации опасных производственных объектов

Признак идентификации ОПО	Класс опасности			
	I	II	III	IV
Наличие опасных веществ	+	+	+	+
Хранение и уничтожение химического оружия, спецхимия	+			
Бурение и добыча нефти, газа и газового конденсата		+	+	+
Газораспределительные станции, сети газораспределения и сети газопотребления		+	+	
Использование оборудования, работающего под избыточным давлением			+	+
Использование грузоподъемных механизмов			+	+
Получение расплавов черных и цветных металлов, сплавов на основе этих расплавов		+	+	
Ведение подземных горных работ	+	+		
Ведение открытых горных работ		+	+	+
Ведение работ по обогащению полезных ископаемых		+	+	
Образование горючих пылей при хранении, переработка или использование растительного сырья			+	+

Дифференциация мер госрегулирования по классам опасности ОПО

Метод регулирования	Класс опасности ОПО			
	I	II	III	IV
Лицензирование (для взрывопожароопасных и химически опасных ОПО)	+	+	+	
Федеральный государственный надзор:				
режим постоянного надзора		+		
плановые проверки не чаще чем один раз в течение года		+	+	
плановые проверки не чаще чем один раз в течение трех лет				+
внеплановые проверки		+	+	+
Предоставление сведений об осуществлении производственного контроля в электронной форме		+	+	+
Разработка декларации промышленной безопасности (для ОПО, идентифицируемых по признаку наличия опасных веществ)		+	+	
Разработка систем управления промышленной безопасностью		+	+	
Разработка планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий		+	+	+
Создание вспомогательных горноспасательных команд (для ОПО, на которых ведутся горные работы)		+	+	

Культура безопасности является частью общей культуры производства, основанной на совокупности деятельности и поведении руководства и персонала, их квалификационной и психологической подготовленности, направленной на обеспечение безопасности.

В разрабатываемом стандарте по ОТиПБ предусмотрен специальный раздел, содержащий требования к организации деятельности по поддержанию и развитию КБ, в том числе: организации планирования мероприятий по поддержанию и развитию КБ, организации обучения персонала КБ, организации процесса участия и вклада персонала в повышение КБ, организация информирования персонала,

организации самооценки состояния КБ, организации проверок состояния КБ. При разработке проекта стандарта по ОТиПБ были проанализированы законодательные нововведения в области промышленной безопасности, которые вступили в силу в 2013-2014 гг.

Прежде всего, речь идет о Федеральном законе № 22-ФЗ, который был принят 4 марта 2013 г. и внес кардинальные концептуальные изменения в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Одним из ключевых нововведений является переход на уточненные критерии идентификации и классификацию объектов, учитывающую степень риска возникновения аварий и масштабы возможных последствий.

ОПО в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них подразделяются в соответствии с новыми уточненными критериями на четыре класса опасности: I класс опасности – объекты чрезвычайно высокой опасности; II класс опасности – объекты высокой опасности; III класс опасности – объекты средней опасности; IV класс опасности – объекты низкой опасности.

На законодательном уровне объявлена также дифференциация мер государственного регулирования, общий смысл которой заключается в том, что «вся мощь» регулирования и надзора сосредотачивается на самом опасном – на объектах чрезвычайно высокой и высокой опасности.

Цель ясна – предупредить аварии с катастрофическими последствиями для персонала, населения и окружающей среды.

Присвоение класса опасности опас-

ному производственному объекту осуществляется при его регистрации в государственном реестре.

Анализ показал наличие критериев идентификации ОПО при строительстве ОИАЭ.

Помимо «традиционного», если так можно сказать, критерия связанного с производством работ грузоподъемными кранами, просматривается возможность идентификации ОПО при строительстве подземных сооружений (при ведении подземных горных работ), при производстве буровзрывных работ, при использовании оборудования, работающего под давлением.

Вопросы идентификации ОПО всегда являлись наиболее сложными в правоприменительной практике, а в настоящее время представляют повышенное значение для организаций, эксплуатирующих ОПО, так как от класса опасности объекта зависят меры регулирования и обеспечения промышленной безопасности, предусмотренные законодательством.

Анализ также показал необходимость соблюдения требований, содержащихся во вновь разработанных и принятых Ростехнадзором федеральных норм и правилах в области промышленной безопасности, в том числе Правилах безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденных приказом Ростехнадзора от 12.11.2013 № 533.

Все установленные в настоящее время на уровне нормативных правовых актов в области промышленной безопасности процедуры и требования учтены и детализированы для применения организациями в разделе вновь разрабатываемого стандарта, который посвящен

обязанностям СМО по промышленной безопасности.

Без сомнения, та системная и целенаправленная работа по созданию современной нормативной базы в области ОТ и ПБ и контролю технадзором СРО реализации указанных требований, которую проводят СРО атомной отрасли и ГК Росатом уже имеет результаты.

Вместе с тем необходимо отметить, что безопасность персонала невозможно обеспечить, если отсутствует приверженность руководителей организаций вопросам охраны труда и промышленной безопасности. Руководители организаций должны понимать и подтверждать в рамках своей работы, что безопасность персонала имеет приоритет над производительностью, отказаться от «пустых» лозунгов и компенсационной модели в деятельности по ОТ, внедрять в практику:

- непрерывное обучение персонала в области ОТ, позволяющее обеспечить осведомленность, необходимую квалификацию, компетентность персонала, его приверженность вопросам ОТ;
- современные безопасные технологии и методы производства, основанные на достижениях технологического прогресса в атомном строительстве;
- современные средства механизации, оборудование, технологическую оснастку, коллективные и индивидуальные средства защиты.

Только такой комплексный подход к вопросам ОТ и ПБ позволит создать надежные условия для обеспечения безопасной и безаварийной работы при строительстве ОИАЭ.

Стандарт по культуре производства и проект стандарта по охране труда и промышленной безопасности,





Стандартизация применения новых информационных технологий в проектах сооружения сложных инженерных объектов

НИАЭП-АСЭ-Атомэнергопроект

Заместитель директора по системной инженерии и ИТ в области САПР
Ергопуло С.В.

тема номера

Одним из необходимых условий конкурентоспособности современной инжиниринговой компании на мировом рынке является наличие эффективных систем управления информацией на всех стадиях жизненного цикла объекта с использованием современных ИТ-решений.

Объединенной компанией АО «НИАЭП» - АО «АСЭ» - АО «Атомэнергопроект» была проведена уникальная работа по выбору и адаптации существующих информационных платформ под требования процессов проектирования и сооружения, протекающих в компании, и объединение данных решений в единое информационное пространство, позволяющее управлять информацией на всех стадиях жизненного цикла АЭС.

Одним из необходимых условий конкурентоспособности современной инжиниринговой компании на мировом рынке является наличие эффективных систем управления информацией на всех стадиях жизненного цикла объекта с использованием современных ИТ-решений.

Объединенной компанией АО «НИАЭП» - АО «АСЭ» - АО «Атомэнергопроект» была проведена уникальная работа по выбору и адаптации существующих информационных платформ под требования процессов проектирования и сооружения, протекающих в компании, и объединение данных решений в единое информационное пространство, позволяющее управлять информацией на всех стадиях жизненного цикла АЭС.

В рамках реализации проектов компании создается информационная модель АЭС - уникальное комплексное информационное решение, базирующееся на единой интеграционной платформе и включающее в себя полный массив данных по объекту на стадиях его проектирования и сооружения. Данное решение позволяет объединить в единое целое и организовать эффективное управление данными из различных САПР, а также систем управления информацией по энергоблоку на стадиях проектирования и разработки рабочей документации, с обеспечением передачи данных в требуемых форматах на последующие стадии жизненного цикла АЭС.

Особое внимание в рамках внедрения современных технологий проектирования было уделено оптимизации текущих процессов проектирования и управления сооружением с учетом применения современных инструментов управления информацией и формирования документации.

Основным принципом стандартизации типовых процессов, технических и организационных решений при проектировании проектов АЭС с использованием новых ИТ-решений была разработка методологии процессов, опирающейся на применение реальных технологий и инструментария.

Стандартизация процессов на всех стадиях жизненного цикла АЭС не возможна без предварительной разработки технологий, обеспечивающих реализацию данных процессов.

Основные шаги внедрения новых технологий проектирования и их стандартизации:

Требования - Аналитика, разработка детализированных требований к информационной модели проекта и кон-

цепции организации Единого информационного пространства Проекта (ЕИП). Технологии - Разработка информационной базы проекта, порталных решений ЕИП, проработка интеграционных решений со смежными системами.

Процессы - Оптимизация процессов организации работ по проектированию с учетом использования новых информационных технологий.

Стандартизация - Создание комплекта методологических документов, регламентирующих процессы проектирования и применение в проекте разработанных ИТ-решений

Обучение и поддержка - Проведение обучения участников проекта по направлениям, организация постоянной информационной и технической поддержки

В рамках реализации проектов АЭС серии «ВВЭР-ТОИ» Объединенной компанией АО «НИАЭП» - АО «АСЭ» - АО «Атомэнергопроект» проведена большая организационная и методологическая работа, позволившая успешно перейти на новые методы проектирования, в частности:

- разработаны стандарты применения в рамках Проекта систем классификации и кодирования оборудования, компонентов и места их расположения на основе системы KKS, а также кодирования материалов на основе системы кодирования MCS;

- разработана уникальная система кодирования документации Проекта на основе международного стандарта МЭК 61355-1 «Классификация и обозначение документов для станций, систем и оборудования. Часть 1: Правила и классификационные таблицы»;

- сформированы и стандартизованы принципы формирования проектной и рабочей документации, получаемой из информационной модели. На основе данных принципов разработан механизм формирования и управления комплектами ПД и РД;

- разработана серия стандартов по оформлению документации Проекта, получаемой из информационной модели (с учетом особенностей всех программных комплексов, используемых при создании информационной модели и получении из нее документации);

- разработан комплект методологических документов по настройке всех модулей комплексной информационной системы Проекта, а также детальные инструкции и руководства по работе пользователей с данными модулями и получения ПД и РД (более сотни регламентирующих документов для объектов на территории РФ и инообъектов);

- организовано обучение и постоянная

информационная поддержка участников Проекта по проектированию в созданной информационной среде Проекта.

Для упрощения прохождения процедур согласования получаемой документации с Заказчиком и государственными регуляторами, был выполнен анализ существующей нормативно-правовой базы РФ в части разработки и выпуска проектной и рабочей документации и проведена ее актуализация с учетом применения новых ИТ-технологий:

- В рамках проекта «ВВЭР-ТОИ» проведена работа по корректировке и введению в действие ГОСТ 21.1101-2013 (внесены изменения, позволяющие автоматически формировать документацию с использованием современных ИТ-систем);

- Подготовлены предложения по корректировке еще ряда ГОСТ серии СПДС;

- Ведется работа в рамках Рабочей группы 1.2 «Проектирование» Технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство» по включению в выпускаемую нормативную документацию положений, облегчающих применение новых ИТ-технологий при проектировании сложных инженерных объектов.

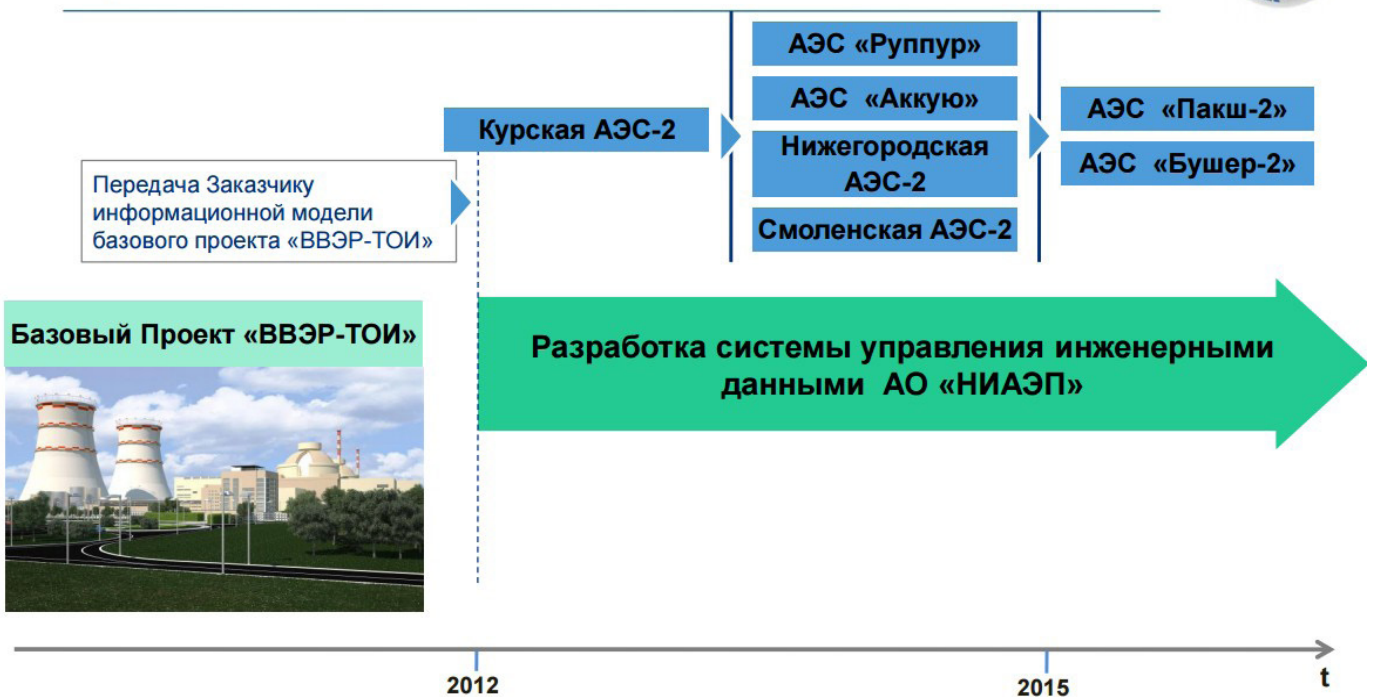
В настоящее время АО «НИАЭП» начал успешно осуществлять трансфер информационных технологий, разработанных компанией, на смежные проекты атомной отрасли. Первым проектом, на котором было принято решение развернуть Единое информационное пространство проектирования и сооружения Объединенной компанией АО «НИАЭП» - АО «АСЭ» - АО «Атомэнергопроект», стал проект АЭС «Пакш-2» АО «АТОМПРОЕКТ» (на основе проекта АЭС-2006), также ЕИП АО «НИАЭП» развернуто на проекте АЭС-92 (АЭС «Бушер-2», АЭС «Куданкулам 3, 4») с учетом специфических требований инозаказчиков.



Комплексная информационная модель проекта АЭС



Стандартизация IT-технологий, применяемых в проектах АО «НИАЭП»



КОММЕНТАРИЙ

Самородов Владимир Алексеевич –

Заместитель директор по сооружению объектов ОАО «Атомэнергопроект»



Система контроля качества – основа безопасности объектов использования атомной энергии

АО «Атомэнергопроект» осуществляет комплекс проектно-исследовательских работ по сооружению и модернизации АЭС, включая работы по выбору площадки для строительства, разработке проектной и рабочей документации, авторскому надзору за сооружением АЭС и техническому сопровождению ее эксплуатации, а также организацию строительно-монтажных работ, поставок оборудования и материалов, пусконаладочных работ и ввода в эксплуатацию атомных электростанций.

Для контроля качества работ по сооружению и модернизации АЭС АО «Атомэнергопроект» проводит следующие мероприятия:

1) Мониторинга целей в области качества.

Показатели качества продукции:

- Прохождение рабочей документации при осуществлении функций генерального проектировщика при выполнении работ по сооружению АЭС через входной контроль заказчика с первого предъявления;

- Прохождение рабочей документации при осуществлении функций генерального проектировщика при выполнении работ по сооружению АЭС за рубежом через входной контроль заказчика с первого предъявления;

- СМР, принятые заказчиком без выявления несоответствий при осуществлении функций генерального подрядчика при выполнении работ по сооружению АЭС в РФ

По итогам показателей целей в области качества на 2014 год, как генерального проектировщика по РФ (показатель более 90%) за рубежом (показатель более 90%), в качестве генерального подрядчика по строительно-монтажным работам (показатель более 90%) выявлено, что все целевые показатели в 2014 году АО «Атомэнергопроект» достигнуты.

2) Мониторинг удовлетворенности и степени восприятия Заказчиками работ и услуг, выполненными АО «Атомэнергопроект».

С целью определения удовлетворенности и степени восприятия Заказчиками результатов работ (услуг) в части проектирования и сооружения объектов, выполненных АО «Атомэнергопроект», ежегодно проводится опрос всех Заказчиков.

Оценка осуществляется Заказчиком по пятибалльной шкале в зависимости от степени его удовлетворенности выполненными АО «Атомэнергопроект» работами, услугами.

Заполненные заказчиком опросные листы анализируются, и при оценке Заказчика менее «3,5 баллов», разрабатываются корректирующие действия.

По итогам оценки Заказчиком работ и услуг выполненных АО «Атомэнергопроект» в 2014 году показатель оценки в баллах равен 4,18 что находится между «удовлетворен результатом работы полностью» и «удовлетворен результатом работы частично»

По итогам оценки удовлетворенности заказчика работ по Нововоронежской АЭС-2 за 2011-2014 выявлено, что по проектированию показатель в баллах улучшился с 2,3 до 3 баллов, показатель по сооружению улучшился с 3 до 4 баллов.

3) Разработка АО «Атомэнергопроект» документации по обеспечению качества

4) Обеспечение качества выполняемых работ и оказываемых услуг подрядными организациями.

Ежемесячно, в рамках проведения оперативных штабов о ходе сооружения НВАЭС-2 АО «Атомэнергопроект» (по установленной форме) представляет «Отчет по качеству сооружения Нововоронежской АЭС-2».

АО «Атомэнергопроект», как Генподрядчик, проводит оценку результативности обеспечения качества подрядных организаций с целью повышения эффективности деятельности по обеспечению качества сооружения Нововоронежской АЭС-2.

Основные задачи оценки результативности обеспечения качества:

1. Оценка результативности обеспечения качества, на уровне самооценки подрядных организаций;
2. Выявление изменений в оценке результативности обеспечения качества в подрядных организациях
3. Разработка и последующая реализация предупреждающих и корректирующих действий (ПД, КД);
4. Ежегодное повышение результативности обеспечения качества в подрядных организациях.
5. Показатели целей в области качества на 2015 год, как генерального проектировщика по РФ (показатель более 90%) за рубежом (показатель более 90%), в качестве генерального подрядчика по строительно-монтажным работам (показатель более 90%) выявлено, что все целевые показатели в 2014 году АО «Атомэнергопроект» достигнуты.
6. Основные направления деятельности в области качества на 2015 год:
 - Повышение оценки удовлетворенности заказчиков в 2015 году;
 - Повышение оценки результативности обеспечения качества подрядных организаций в 2015 году;
 - Продолжение работ по актуализации нормативно-правовой базы;
 - Корректировка процессной модели АО «Атомэнергопроект» по результатам интеграции и изменения организационной структуры;
 - Разработка совместных документов АО «Атомэнергопроект» и АО «НИА-ЭП» по разработке ИМАЭС и формированию РД для Проекта «ВВЭР-ТОИ» и проектов АЭС, для которых в качестве базового используется Проект «ВВЭР-ТОИ»;
 - Анализ и гармонизация процессов проектирования АО «Атомэнергопроект» и АО «НИАЭП».

Практический опыт применения международных и российских отраслевых стандартов на системы менеджмента. Возможности и перспективы использования данного опыта на предприятиях, принимающих участие в проектировании и сооружении ОИАЭ

Юхов Александр Валентинович — Генеральный директор ООО «Русский Регистр-Московия»

Прямая речь

В настоящее время в России функционируют разные отраслевые стандарты на системы менеджмента. Например, ГОСТ РВ 0015.002, ISO/TS 16949, IRIS, API Q1, СТО Газпром 9001 и др. Наличие отраслевых требований с одной стороны позволяют предъявлять организациям более жесткие требования к своим поставщикам, а с другой стороны повысить контроль за качеством работы органов по сертификации, работающих в этих системах. Итак, рассмотрим пример функционирования систем сертификации Военный Регистр и Оборонсертифика на примере сертификации по стандарту ГОСТ РВ 0015.002. В данной системе есть конечные потребители в лице Министерства обороны (Военный Регистр) и ФСБ (Оборонсертифика). Есть центральные органы систем – это Военный Регистр и Центр «Квалитет», которые определяют правила функционирования этих систем, требования к органам по сертификации и экспертам. Предприятие, выполняющее Гособоронзаказ, должно соответствовать требованиям ГОСТ РВ 0015.002. Для демонстрации этого, оно подает в заявку в один из аккредитованных в этих системах органов по сертификации (далее ОС). ОС запускает процедуру сертификации, сообщает об этом в соответствующий центральный орган системы и, в случае положительных результатов, выдает сертификат. Следует отметить, что органы по сертификации, имеющих данные аккредитации не большое количество, и все они находятся под жестким контролем центральных органов системы. Таким образом, при наличии претензий к организации, выполняющей Гособоронзаказ, со стороны Минобороны или ФСБ, заказчик может наложить санкции не только на самого поставщика, но и через Центральный орган системы на орган по сертификации. Аналогичная ситуация в железно-

рожной отрасли. РЖД приняло решение о том, что поставщики железнодорожной техники должны соответствовать требованиям международного стандарта железнодорожной отрасли (IRIS). Соответственно, поставщик, желающий поставлять (продолжать поставлять) продукцию для РЖД, должен пройти сертификацию по данному стандарту. Он выбирает приемлемый для себя орган по сертификации, имеющий аккредитацию Европейской ассоциации производителей железнодорожной техники (UNIFE) и признание со стороны Центра технического аудита ОАО «РЖД». В Центр технического аудита стекается вся информация по претензиям поставщиков РЖД, которая обрабатывается, анализируется и выносится решение о применении санкций или о продолжении работы с признанным ОС. Похожая ситуация в нефтяной отрасли при сертификации на стандарта API Q1, Q2. Здесь вообще нет органов по сертификации, а есть разработчик стандарта Американский институт нефти (API), чьи специалисты проводят сертификацию компаний-заявителей. В автомобильной отрасли ситуация обстоит следующим образом: международный форум автопроизводителей (IATFA) также разработали отраслевой стандарт ISO/TS 16949. Все поставщики атокомпонентов должны соответствовать требованиям настоящего стандарта. Соответственно, есть небольшое число ОС, которые успешно прошли аккредитацию в IATFA, и которые занимаются сертификацией поставщиков. IATFA аккумулирует у себя информацию о деятельности поставщиков, ОС и в любой момент применяются дисциплинарные меры к недобросовестному ОС. Но дальше всего пошла корпоративная система ОАО «Газпром» при сертификации на корпоративный стандарт СТО Газпром 9001. В этой схеме помимо двух уполномоченных организаций (ООО «Газпром комплектация» и ООО «Газ-

пром ВНИИГАЗ»), осуществляющих регулируемую деятельность и надзор за нотифицированными ОС, есть еще и СРО газовой отрасли (ОСГИНК, Инженер-проектировщик, Инженер-испытатель), которое формирует перечень признанных органов по сертификации. Таким образом, с одной стороны претензии к сертифицированным компаниям собираются уполномоченными организациями, доводятся до сведения ОС и при необходимости иницируются проверки поставщиков, с другой стороны СРО, проводя проверки своих членов, так же высказывает претензии и пожелания к работе ОС. Таким образом, применение отраслевых стандартов и механизмов регулирования позволяет повысить ответственность органов по сертификации, устранить доступ недобросовестных органов по сертификации, тем самым заставляя своих поставщиков добросовестно относиться к своим требованиям. На базе СРО атомной отрасли можно создать аналогичную схему, тем более основы для этого есть в нормативной документации СРО. Одно из подразделений СРО формирует перечень надежных органов по сертификации, учитывая опыт работы данных ОС с предприятиями ГК Росатом, членами СРО, а так же результатами выездных и камеральных проверок. На основании этого формируются требования к этим органам по сертификации, экспертам, проводящим проверки СМК. Данная схема позволит отсеять ОС, торгующих сертификатами, а работа в паре с органом по сертификации позволит увеличить эффективность проверок членов СРО.

Система стандартизации атомной отрасли базируется на общей нормативной базе строительного комплекса Российской Федерации и корректируется с учетом ее модернизации и развития.

Инженерные изыскания находятся в начале жизненного цикла зданий и сооружений, по результатам которых решаются вопросы безопасного размещения, проектирования, строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации ОИАЭ.

Отраслевая система нормативно-технических документов обеспечивает:

- устойчивое развитие территорий размещения ОИАЭ и повышение качества строительства и безопасности зданий и сооружений;
- достаточность минимально необходимых обязательных требований к обеспечению безопасности зданий и сооружений в части территориального планирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования и оценки соответствия изыскательской продукции;
- полноту и надежность требований для выполнения инженерных изысканий;
- взаимосвязь с требованиями нормативных документов для проектирования;
- создание условий для адаптации российских производителей в поле ВТО, путем создания нормативных документов адаптированных к региональным и международным нормам;
- повышение корпоративной и личной ответственности за выпускаемую изыскательскую продукцию путем совершенствования отечественной оценки соответствия и достоверности изыскательской продукции.

Решение перечисленных задач возможно путем совершенствования нормативной базы, обновления существующих нормативно-технических документов и разработки новых, а также создание многоуровневой системы стандартов организаций.

Существующая система нормативно-технических документов атомной отрасли в части инженерных изысканий отражена в «Реестре основных НТД в области инженерных изысканий», утвержденном на собрании СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО» 24 ноября 2009 года. (Актуализирован в мае 2015 года)

В него помещены нормативно-технические документы федерального уровня (ГОСТ, СНиП, СП, НП, СанПиН), территориальные и ведомственные нормы и правила, а также рекомендации по безопасности для ОИАЭ, руководящие документы и методические указания. Реестр соответствует видам работ, регламентированных приказом Минрегионразвития № 624 от 30 декабря 2009 года (Реестр находится на сайте Атом СРО).

Нормативно-технические документы в Реестре в целом обеспечивают требования технического регулирования атомной отрасли, однако в некоторых из них

Экспертное мнение

Состояние нормативно-технических инженерных изысканий на объектах использования



в достаточной мере не отражена современная отраслевая специфика ОИАЭ, которая заключается в следующем:

- ОИАЭ относятся к повышенному уровню ответственности – к особо опасным, технически сложным или уникальным;
- для получения расчетных характеристик, необходимых для их проектирования необходимо исследовать значительные территории, иногда до 300 км в радиусе];
- обязательное проведение мониторинга природной и техногенной среды для обеспечения безопасности зданий и сооружений ОИАЭ и окружающей среды;
- обязательное проведение научного сопровождения инженерных изысканий на большинстве ОИАЭ ;
- обязательное документируемое контролирование качества инженерных изысканий на всех ОИАЭ;
- для обеспечения безопасности ОИАЭ расчет характеристик природных процессов и явлений, оказывающих воздействие на здания и сооружения, производится с вероятностью их повторения 1 раз в 10000 лет .

В Программу разработки совместных нормативно-технических документов Госкорпорации «Росатом» и СРО атомной отрасли до 2020 года включены НТД, отражающие современное инновационное развитие атомной отрасли.

На настоящий момент на Секции Экспертного совета по инженерным изысканиям рассмотрены и утверждены Общим собранием членом СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО» 12 стандартов:

1. Порядок разработки, утверждения, внесения изменений и отмены стандартов;
2. Общие требования к выполнению работ по инженерным изысканиям, оказывающих влияние на безопасность особо опасных, технически сложных, уникальных и других объектов капитального строительства;
3. Требования к организациям-членам СРО по наличию системы управления качеством;
4. Охрана труда и промышленная безопасность при выполнении инженерных изысканий. Общие требования;
5. Ведение объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Госкорпорации «Росатом»;
6. Руководство по методике комплекс-

Валерий Семенович Соколов
Советник генерального директора ОАО «ГСПИ»

технической базы для

ания атомной энергии



ного инженерно- сейсмометрического и сейсмологического мониторинга состояния конструкций зданий и сооружений, включая площадки их размещения.

7. Основные требования к составу инженерных изысканий для строительства АЭС

8. Учет опасных природных процессов и явлений при выборе площадки размещения АЭС

9. Геодезический мониторинг зданий и сооружений в период строительства и эксплуатации

10. Контроль качества инженерно-геологических изысканий.

11. Требования к персоналу, осуществляющему работы по сооружению ОИАЭ.

12. Требования к саморегулируемым организациям, имеющим право выдачи свидетельств о допуске к работам по инженерным изысканиям...

В 2015 году в соответствии с упомянутой совместной с Госкорпорацией «Росатом» Программой разрабатываются два стандарта:

1. «Требования к научному сопровождению инженерных изысканий. Оценка достаточности водных ресурсов для технического водоснабжения АС»;
2. «Требования к составу и содержанию

программы инженерных изысканий для разработки проектной документации для ОИАЭ».

Следует отметить, что программа инженерных изысканий – документ, определяющий и обосновывающий исполнителем инженерных изысканий составы, объемы, методики и технологии работ, необходимые и достаточные для выполнения технического задания на инженерные изыскания. То есть, только в ней обосновывается необходимость проведения научного сопровождения инженерных изысканий, мониторинга компонентов окружающей среды, обосновываются и назначаются необходимые в соответствии с нормативно-техническими документами виды и объемы инженерных изысканий, являющиеся основанием для расчета сметной стоимости и сроков инженерных изысканий. Программа выполнения инженерных изысканий согласованная с застройщиком или техническим заказчиком, является неотъемлемой частью договорной документации, основным и обязательным организационно-руководящим и методическим документом

при выполнении инженерных изысканий.

В задачи по стандартизации на 2016 – 2020 годы согласно Программе разработки совместных нормативно-технических документов Госкорпорации «Росатом» и СПО атомной отрасли предусматривается разработка следующих стандартов (№№1-5 в плане 2016года):

1.Определение характеристик особых воздействий максимального расчетного смерча на конструкции зданий и сооружений ОИАЭ.

2.Контроль качества инженерных изысканий»

3.Порядок и правила проведения детального сейсмического районирования (ДСР) и уточнение сейсмической опасности (УСО) для ОИАЭ.

4.Основные требования к составу и содержанию Технического задания на выполнение инженерных изысканий на площадках ОИАЭ.

5.Требования к составу и содержанию результатов сейсмического микрорайонирования (СМР) площадок ОИАЭ».

6.Единая система мониторинга недр ОИАЭ для глубин 3000-4000 метров и всех видов процессов.

7.Работы по организации инженерных изысканий на ОИАЭ.

8.Определение расчетных характеристик опасных внешних природных и техногенных воздействий на ОИАЭ.

9. Исследования и прогнозные оценки миграции радионуклидов в грунтах, подземных и поверхностных водах на ОИАЭ. Математическое моделирование процессов геофильтрации и массопереноса радионуклидов.

10.Геодинамический контроль (режимные наблюдения) стабильности природной среды на ОИАЭ»

11.Геофизические исследования грунтов в условиях естественного залегания с использованием радиационных источников на ОИАЭ.

12.Режимные аэрологические исследования условий рассеивания примесей в пограничном слое атмосферы на ОИАЭ.

13.Диагностика современных геодинамических движений для выбора безопасных мест размещения проектируемых и оценка состояния эксплуатируемых ОИАЭ.

Процесс обеспечения полноценной базой нормативных документов атомной отрасли зависит от дальнейшего совершенствования и развития науки, техники и технологий в области инженерных изысканий. В связи с этим необходимо вносить ежегодные корректировки в Программу разработки нормативных документов Госкорпорации «Росатом» и СПО атомной отрасли.

имеется два линеамента, которые, вероятно, могут иметь продолжение в окрестности объекта. Это линемент близмеридионального простирания Fb 85, трассирующийся к север-северо-востоку от объекта изысканий, и линемент Fb138 северо-западного простирания, расположенный юго-восточнее площадки (рис. 1).

При прогнозируемых 7-8 – балльных воздействиях на площадке объекта в принципе могли остаться первичные и вторичные сейсмодислокации каких-то неизвестных древних сейсмических событий. Сейсмотектонические исследования, проведенные на площадке в 2014 и 2015 гг., были направлены на поиск таких палеосейсмодислокаций. Для этого было проведено дешифрирование детальных космофотоснимков. В результате на площадке выявлено две системы линементов: близмеридионального простирания в центральной части и северо-северо-западная – в западной (рис. 2). Вкост простирания этих линейных объектов (проблематичных разломов) было пройдено три траншеи глубиной 1.7-3.0 м длиной около 100 м каждая с целью изучения и документирования их приповерхностного строения, а также поиска возможных следов древних сейсмогенных смещений. Также были выполнены вскрытые площадки системой шурфов и документирование их стенок с целью выявления возможных следов древнего сейсмогенного разжижения грунтов при сейсмических воздействиях.

Принципиально важным было изучение центрального линеамента на площадке. Если бы он подтвердился в качестве активного разлома (южного продолжения линеамента Fb 85 на рис. 1) со следами сейсмических подвижек, то площадка РАЭС должна была бы быть забракована, поскольку эта структура непосредственно трассируется под фундамент планируемого энергоблока.

На поверхности площадки эта линейная зона выглядит как невысокий уступ в рельефе (рис. 3). Восточное его низкое крыло в сезон дождей характеризуется бурным травяным покровом зеленого цвета и участками подтопления. Западное крыло относительно приподнято. Растительность более скудная, желтовато-серого цвета, поверхность земли сухая. Амплитуда перепада составляет порядка 0.5-0.7 м. В стенках обеих траншей к западу от уступа наблюдается горизонтальное залегание слоев светлого кварцевого песка с небольшими по мощности прослоями супесей. В опущенном вос-

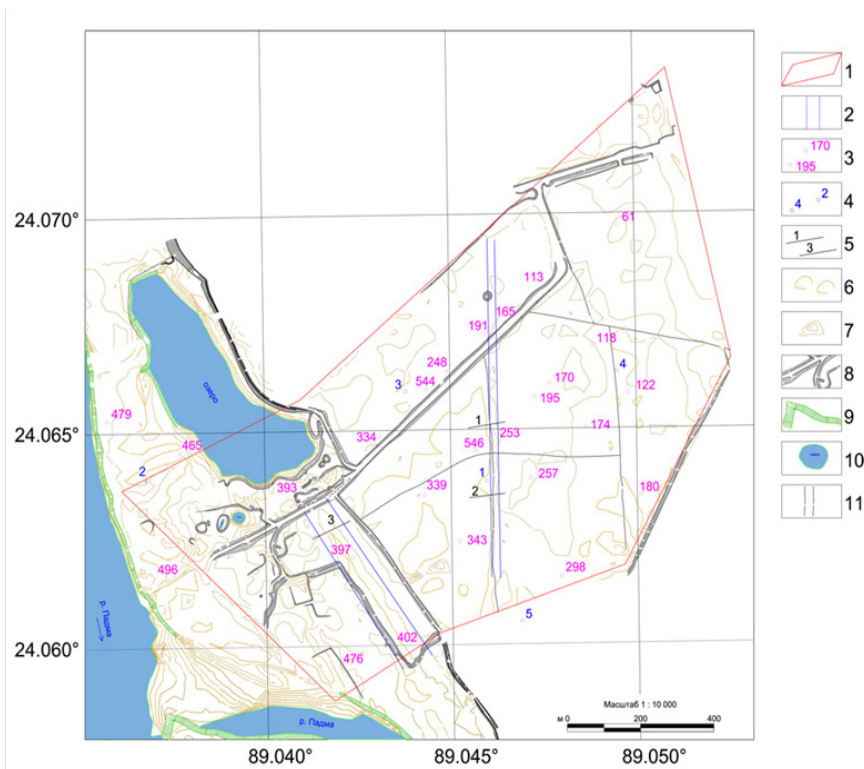


Рис. 2. . Схема расположения горных выработок, пройденных в сентябре 2014 г. – марте 2015 г. на площадке АЭС Руппур

Условные обозначения: 1 – площадка строительства АЭС Руппур; 2 – линейные неоднородности выявленные в пределах площадки; 3 – шурфы и их номера (согласно общей схеме нумерования); 4 – закопушки и их нумерация; 5 – канавы и их нумерация; 6 – основные подписанные горизонталы рельефа; 7 – вспомогательные горизонталы; 8 – откосы; 9 – урезы воды (согласно съемке 2014 г.); 10 – водные объекты (озера, реки); 11 – тропинки.

точном блоке в разрезе среди также горизонтально залегающих песков появляется большое количество слоев темных суглинков, содержащих органическое вещество. Под уступом в стенках обеих траншей на отрезке длиной около 10 м наблюдается пологое падение слоев песка и супесей в восточном направлении (рис. 4). У слоев в средней части разреза угол наклона нарастает в восточном направлении сверху вниз от 10 до 15°. В западном направлении суглинки, наряду с сокращением мощности фациально замещаются несортированными кварцевыми песками с многочисленными обломками тонкослоистых песков, включениями суглинков и гумусовых фрагментов (типа «коллювиального клина»). Таким образом, разрез производит впечатление толщи, накопленной в приразломных условиях, при поднятии западного крыла этого проблематичного «разлома». В то же время вблизи забоя траншеи вскрыт несогласный контакт комплекса наклоненных к востоку слоев и горизонтально залегающих косослои-

стых кварц-мусковитовых мелкозернистых песков видимой мощностью 80 см. Подобное же несогласное приклонение наклонной к востоку части разреза к горизонтальному основанию на забое наблюдается и во второй траншее, расположенной в зоне уступа южнее первой.

Три из четырех образцов, отобранных из северной стенки первой траншеи, показали радиоуглеродный возраст погружающейся к востоку толщи лет тому назад (BP), 1 - 1520±100 лет, 2 - 1610±90 лет BP и 3 - 1540±50 лет BP (см. рис. 4).

То есть, накопление отложений этого слоя происходило около 1500 лет тому назад, причем очень быстро. Такие результаты свидетельствуют об условиях накопления осадков в эрозионной структуре, возникшей в историческое время (около 1500 лет назад) в связи с существованием временной протоки или небольшого рукава р. Ганг.



Рис. 3. Субмеридиональный уступ в рельефе центральной части площадки РАЭС. Общая протяженность линейного уступа составляет более 1 км.

В целом изучение приповерхностного строения разреза четвертичных пород в зоне уступа в рельефе в центральной части площадки строительства АЭС Руппур в двух траншеях показало, что этот уступ имеет эрозионную природу, а не тектоническую, поскольку наклонные к востоку слои на центральном сегменте обеих траншей несогласно перекрывают, срезая их, горизонтально залегающие толщи, развитые к западу от уступа, и прислоняются к ним под разными углами. Еще одна траншея (№ 3) длиной 115 м, была пройдена в западной части территории площадки строительства АЭС Руппур, вкрест линейного понижения рельефа северо-северо-западного простирания. Эта линейная структура может быть условно интерпретирована как северо-западное продолжение линеаamenta Fb 135 (рис. 1). Нарушение поверхности представляет собой впадину, имеющую в длину более 1 км, ширину порядка 30 м и глубину – 3-4 м (рис. 5). Траншея была задана с целью изучения приповерхностного строения четвертичных пород и выявления возможной природы этой формы рельефа. В результате проведенного документирования северо-северо-западной стенки траншеи вскрытый ее разрез

несколько различается в разных частях выработки. В целом он сложен слоями песков, супесей, встречаются прослои с проявлениями дисгармоничной складчатости, обломков суглинков в песчаном материале, а в восточной части канавы обнаружены два осколка обожженной глины (кирпича или грубой керамики), оставленных древними жителями этой местности. Слои залегают близгоризонтально, а на краевых участках приобретают наклон 1-3° в направлении центрального сегмента выработки.

В результате проведенных геофизических работ методом сейсморазведки MASW вдоль траншей № 1 и № 3 (рис. 7) выяснилось, что под исследованными с геологической точки зрения структурами рельефа имеются незначительные по размеру неоднородности (низкоскоростные включения), прослеживающиеся до глубин 20-30 м, которые можно интерпретировать в качестве древних отмерших русел протоков в долине р. Ганг.

На площадке АЭС Руппур был также выполнен большой объем земляных работ, включающий 5 закопушек глубиной до 1.5-2.0 м и 26 шурфов глубиной до 4 м. Последние довольно равномерно рассредоточены по всей территории площадки строительства. Документирование стенок шурфов и закопушек пре-

следовало цель выявить возможные смещения в разрезе рыхлых отложений и вероятные следы разжижений грунта, возникшие при проблематичных сейсмических сотрясениях прошлого.

Ни в изученных канавах, ни в многочисленных шурфах в слоях песчаного состава, явно располагающихся в зонах близкого положения почвенных вод, особенно в сезоны дождей, не обнаружено структур разжижения грунта: непунических, кластических даек, грифонов, грязевых вулканов. В единичных местах были выявлены так называемые сейсмиды – дисгармоничные структуры течения песчаного материала в изолированном слое, заключенном между недеформированными горизонтами. Природа этих структур до конца в настоящее время не выяснена. Есть мнение, что они возникают в подводных условиях при сейсмических сотрясениях. Однако редкость таких деформаций и отсутствие других типичных структур разжижения противоречат возможности подтверждения фактов интенсивных сейсмических колебаний материала (интенсивностью более 7 баллов) по макросейсмической шкале MSK-64.

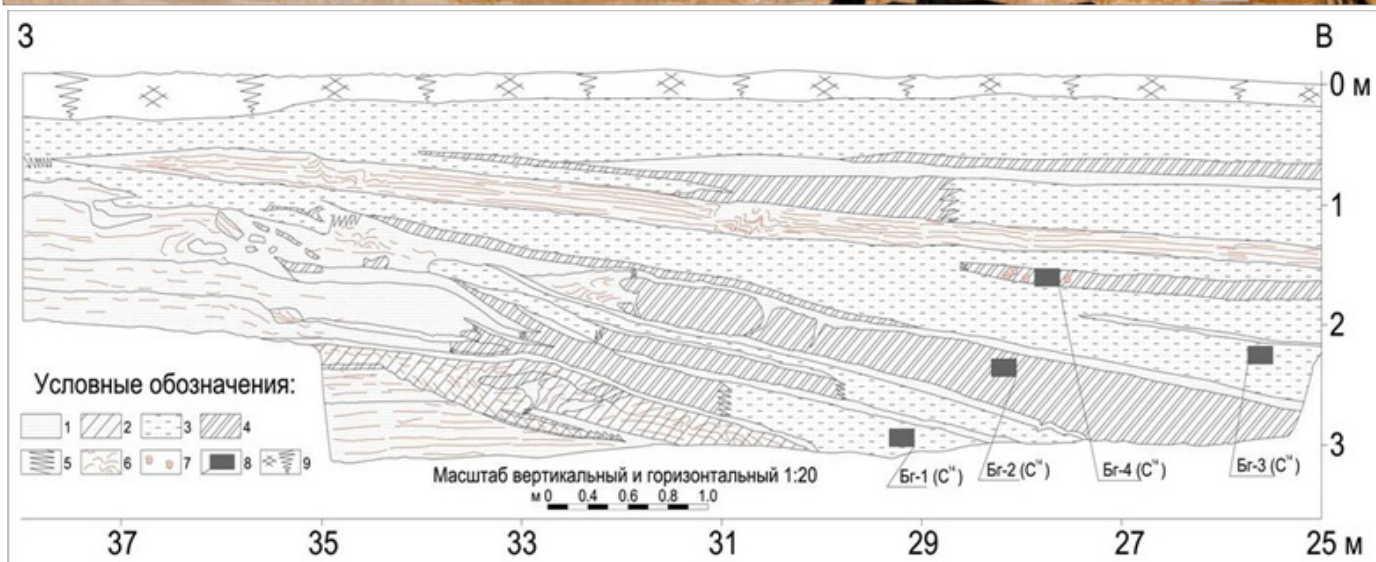
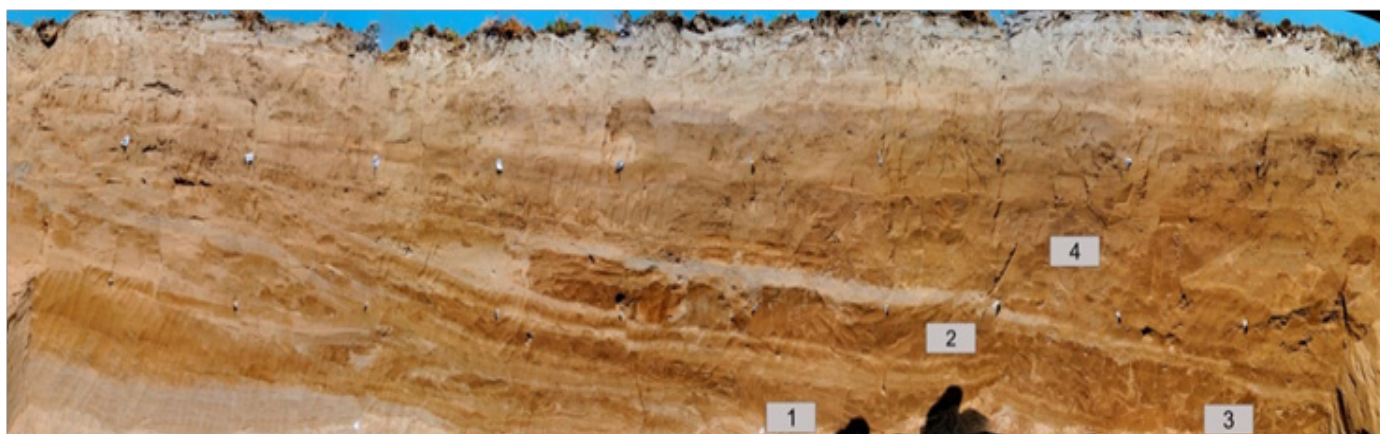


Рис. 4. Фотография северной стенки траншеи № 1 вкострости уступа (сверху) и фрагмент центральной части траншеи № 1. Условные обозначения: 1 – пески; 2 – косослоистые пески; 3 – супеси; 4 – суглинки; 5 – условные границы фациального перехода; 6 – текстурные особенности представленных на разрезе слоев; 7 – отдельные раковины брюхоногих моллюсков; 8 – участки отбор образцов на датировку возраста (С¹⁴) (Бг-1 – номера образцов); 9 – дерново-почвенный горизонт (слитно со слоем подпочвенных супесей).



Рис. 5. Общий вид линейного понижения в рельефе, приуроченного к западной части площадки строительства. Фотография сделана в южном направлении. В ближней перспективе виден отвал траншеи № 3, на горизонте – полигон складирования грунта с площадки строительства.



Рис. 6. Фотопанорама центральной части западной траншеи (№ 3)

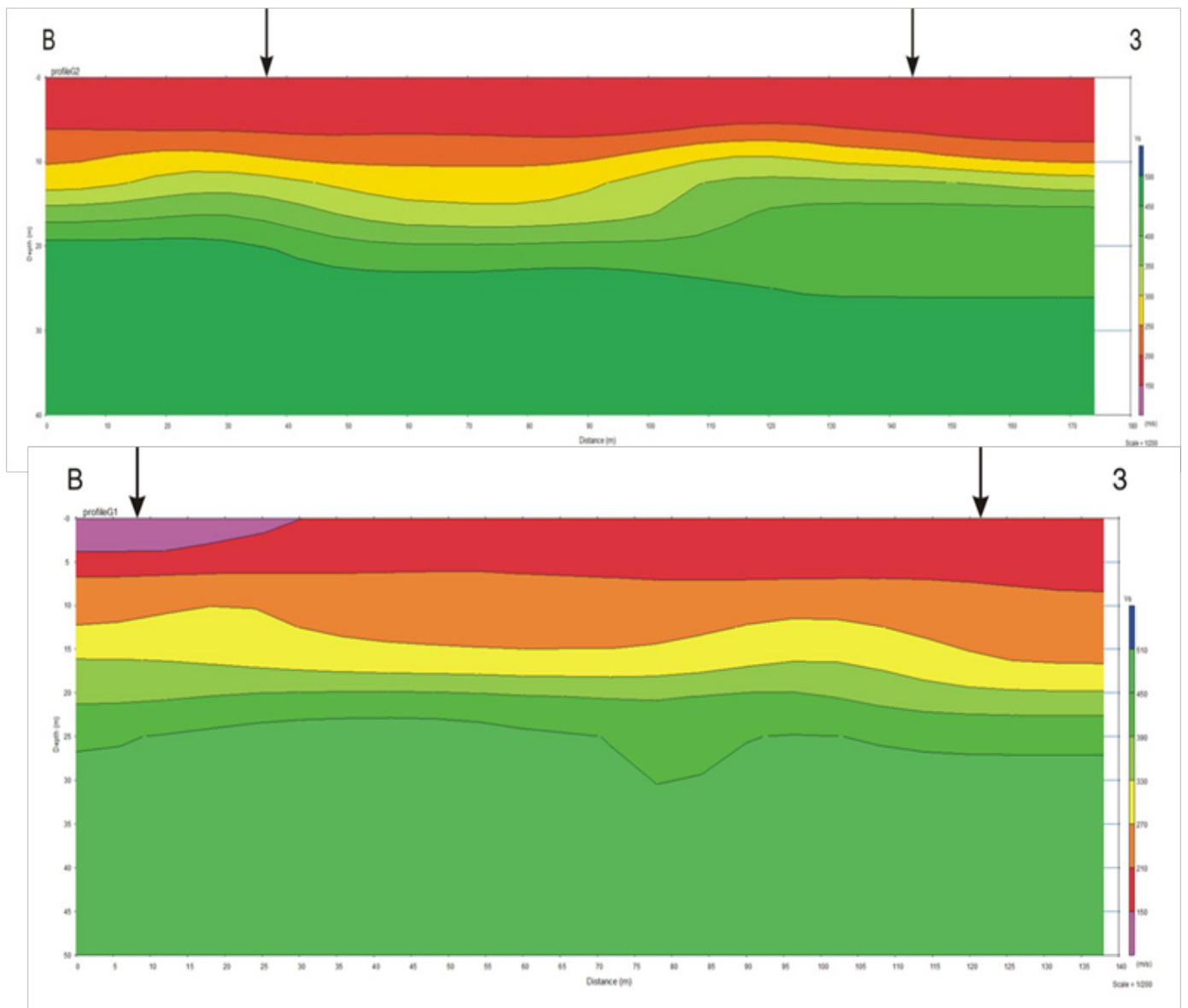


Рис. 7. Сейсморазведочные разрезы MASW, параллельные траншеям № 1 (вверху) и № 3 (внизу). Стрелками показано положение выработок

Континуальная теория сейсмического районирования

Алешин А.С.

д.ф.-м.н., главный научный сотрудник ИФЗ РАН

Основными понятиями сейсмического микрорайонирования в России являются баллы и грунтовые категории, соответствующие дискретной структуре соотношения «сейсмическое воздействие – реакция грунта». Между тем, параметры сейсмических воздействий и параметры свойств грунтов в пространстве непрерывны, т.е. континуальны. В статье излагаются основы теории, адекватно отображающей отмеченную пространственную непрерывность. При этом, многие понятия сейсмического микрорайонирования, используемые в настоящее время, становятся либо более точными, либо не обязательными. Особое значение предлагаемая теория имеет для сейсмического районирования особо ответственных объектов, в частности АЭС.

Разработанная в России во второй половине прошлого века методика сейсмического районирования сохранилась в нормативных документах до настоящего времени. Основу концепции связи свойств грунта с параметрами сейсмических воздействий составляют два понятия: соответственно грунтовые категории и балл (или приращения балла). Таким образом, все многообразие сейсмических воздействий разделяется на группы по баллам, а многообразие свойств грунта группируется по грунтовым категориям. Эти два понятия, несмотря на их идеальную согласованность, характеризуют свойства сейсмических воздействий и грунтов с достаточно большой погрешностью. Столь грубое задание сейсмических нагрузок в настоящее время не удовлетворяет требованиям практики расчетов, особенно для уникальных технических проектов. Переход в ряде стран (США, Китай и др.) к

использованию других физически более содержательных величин, например, максимальных пиковых ускорений, не устранил указанных противоречий между непрерывной структурой природных объектов и способом их дискретного учета при сохранении понятий грунтовых категорий. Назрела более радикальная трансформация всех важнейших понятий сейсмического районирования, основанная на концепции континуальности.

Непрерывность сейсмических воздействий

В вопросе о рациональном выборе параметров, адекватно описывающих сейсмические воздействия, возможны два крайних решения: использовать ансамбль всех возможных акселерограмм или представлять воздействия одним параметром, например, максимальными ускорениями. В промежутке между этими крайними ситуациями лежит представление сейсмических воздействий набором констант, определяющих вид обобщенных спектров реакции. Именно этот способ представления сейсмических воздействий был выбран сейсмологами США, когда в конце прошлого века при картировании сейсмической опасности там перешли на использование в качестве характеристик сейсмических воздействий к физически определяемым величинам – амплитудам ускорений и периодам воздействий [2].

Сейсмическая опасность территории США определяется тремя параметрами: S_s , S_I и T_I . Первые два параметра характеризуют соответственно значения короткопериодной ($T=0,2$ с) и длиннопериодной ($T=1$ с) плотности спектра реакций. T_I – величина сверхдлинного периода. Выделение именно этих параметров обусловлено тем, что сейсмическое воздействие на разных частотах ха-

рактеризуется либо ускорениями – на периодах короче 0,6 с, либо скоростями в промежутке периодов от 0,6 с до 4 с, либо смещениями на сверхдлинных периодах более 4 с. Значения указанных параметров снимаются с соответствующих карт, составленных на все регионы США. На основе этих трех параметров может быть построен спектр реакции и рассчитаны акселерограммы сейсмического воздействия.

В России в деле нормирования сейсмических нагрузок возобладали инерционные тенденции, и балл сохранил свои позиции, хотя и претерпел заметные изменения в виде принятия дробных значений. Разработанная и постепенно входящая в практику сейсмического районирования шкала сейсмической интенсивности [3] устанавливает надежные связи между баллом и ускорением и длительностью, и тем самым снимает противоречия в выборе способа картирования сейсмической опасности.

Непрерывность свойств грунта

Для учета свойств грунтов в нормах США ускорения, характеризующие исходную сейсмичность, умножаются на грунтовые коэффициенты двух видов S и L , соответственно для короткопериодной и длиннопериодной части спектра. Обратим внимание на то, что как сейсмические воздействия, так и свойства грунта определены в табличной форме, т.е. дискретно в терминах грунтовых категорий – от А до Е, и переход из одной категории в другую (как и увеличение силы исходных воздействий) сопровождается скачком. Такая форма представления противоречит природе объектов, непрерывной по своей сути.

Сила исходных воздействий характеризуется непрерывной величиной максимальных ускорений. На рис.1 показан вид графиков грунтовых коэффициентов S и L , определенных по материалам обследования последствий землетрясения Лома Приета 1989 г. в зависимости от величины скорости поперечных волн. Исходное воздействие в данном случае не превышает $0,1 g$, что гарантирует линейность сейсмических волновых процессов. Скорость поперечных волн является наиболее важной характеристикой сейсмических свойств грунтового массива, как в нормах США, так и в отечественных нормах. График рис.1 показывает непрерывную зависимость свойств сейсмических воздействий (через поправки к величинам сейсмических ускорений) от свойств грунтов в виде значений средних скоростей поперечных волн в 30-метровой толще. И непонятно по какой причине использовано понятие грунтовых категорий. Они здесь абсолютно не нужны. Следует заметить, что скорость поперечных волн не является единственной величиной, определяющей сейсмические свойства грунта. Реакция грунта на сейсмические воздействия, определяется также плотностью, точнее сейсмической жесткостью - произведением плотности на скорость поперечных волн. Будет уместно отметить, что именно эта величина фигурирует в качестве главной количественной характеристики свойств грунта в таблице 1 Российского норматива [1]. График зависимости грунтовых коэффициентов S и L от сейсмической жесткости показан на рис. 2.

График рис.2 можно представить в аналитическом виде формулой: $\lg S = -0,4 \lg R + 1,32$. Аналогичным способом можно получить выражение для связи низкочастотного грунтового коэффициента L : $\lg L = -0,6 \lg R + 2$. В обоих выражениях размерность сейсмической жесткости R [т·м⁻²·с⁻¹]. С помощью этих выражений по величине сейсмической жесткости можно получить значение грунтового коэффициента. Для этого достаточно знать сейсмическую жесткость 30-метровой толщи грунта. Тем самым использование понятия категории становится излишним. Непрерывные свойства сейсмической среды адекватно описываются непрерывной величиной – сейсмической жесткостью. Ещё раз отметим, что полученные значения коэффициентов S и L характеризуют сейсмические процессы в линейной области напряжений и деформаций. Для учёта нелинейности требуется дополнительные исследования, но принципиальная непрерывность сейсмических явлений и параметров имеет место и в этом

случае.

В качестве мультипликативной единицы грунтовых коэффициентов, как следует из графика рис. 2, можно принять грунт с сейсмической жесткостью $2000 \text{ т/с}^2\text{м}^2$. что одновременно устраняет отмеченный в литературе недостаток, когда свойства «среднего» грунта зависят от силы сейсмических воздействий. Это представление следует использовать также при составлении карт ОСР и ДСР, иначе как легко показать неизбежны плохо учитываемые, но весьма существенные ошибки.

Непрерывность спектральных характеристик

Помимо отмеченного влияния на интенсивность, понятие грунтовых категорий используется при учете спектральных особенностей сейсмических колебаний посредством спектров реакции или нормированной его разновидности - коэффициента динамичности β_i . В Российских нормах вид зависимости β_i от периода собственных колебаний T_i зданий или сооружений различен для разных категорий грунта.

В нормах США зависимость спектральных характеристик от категорий грунта проявляется через величину грунтовых коэффициентов. Поскольку, как было показано, грунтовые коэффициенты однозначно определяются величиной сейсмической жесткости, можно параметры спектральных характеристик также выразить через величину сейсмической жесткости в виде непрерывных зависимостей: $SDS = 14 \cdot 10^{-0,4 \lg R} \cdot SS$; $SDI = 158 \cdot 10^{-0,67 \lg R} \cdot SI$. Проведенные расчеты показывают, что коэффициенты динамичности реаль-

ных грунтовых толщ лежат в пределах от 2 до 6.

Вообще резонансные явления в практике СМР учитываются плохо. В нормативах содержатся лишь общие рекомендации, мало помогающие на практике. Критики метода сейсмических жесткостей справедливо указывают на его органический недостаток, состоящий в недоучете резонансных явлений. Использование микросейсм для учета резонансов, теоретически оправданное, на практике также сопряжено с множеством ошибок из-за влияния техногенных помех.

Не претендуя на решение этого вопроса во всех деталях, укажем на некоторые возможности, реализация которых может оказаться полезной в определении резонансных явлений в грунтовых толщах. Так, например, значения коэффициентов динамичности свыше 2,5 являются признаком резонансных явлений.

Существует еще одно обстоятельство, почему грунтовые категории неудовлетворительно описывают свойства грунтового массива, связанные с резонансными явлениями. Действительно, категория грунта, как было сказано, определяется средними значениями скорости V_s и плотности в верхнем 30- метровом слое грунта. Но в самом грунтовом массиве порядок чередования слоев может быть произвольным, хотя средние величины сохраняются. Для примера рассмотрим две модели, включающие два слоя с повышенными (С) и с пониженными (В) значениями скоростей и плотностей.



РИС.1 Зависимость грунтовых поправок от величины скоростей поперечных волн

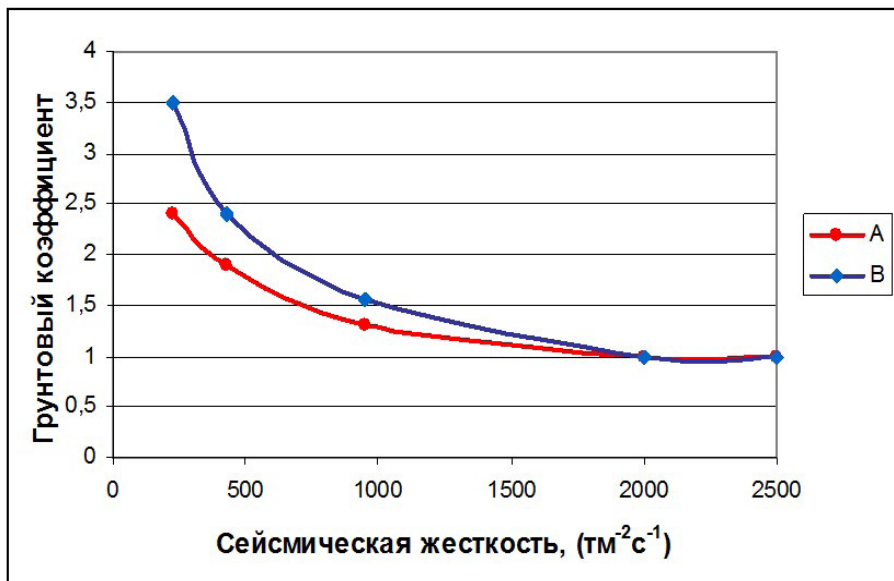


РИС.2 Зависимость грунтового коэффициента от сейсмической жесткости

Параметры моделей: слой С - $V_s = 750$ м/с, $\rho = 1,95$ г/см³; слой В - $V_s = 375$ м/с, $\rho = 1,85$ г/см³. Мощности обоих слоев - 15 м, а подстилаются они упругим полупространством с $V_s = 1000$ м/с и $\rho = 2,3$ г/см³. Расчеты проводились с использованием программы NERA. На вход системы слоев подается дельта-импульс. Амплитуда входного импульса равна 0,2 g, что соответствует 8-балльному воздействию. Как известно, спектр реакции системы на такое воздействие представляет собой частотную характеристику системы слоев. Выходными данными в расчетах являются спектр Фурье, спектр реакции и коэффициент динамичности. Для простоты приведем на рис. 3 спектры реакции, поскольку они отображают как частотные, так и амплитудные особенности спектра. Очевидно, что для моделей СВ и ВС различаются как форма спектральной кривой, так и, что особенно наглядно, уровень спектров. Для модели СВ он примерно в 2 раза выше, что объясняется строением грунтовой толщи: в строении модели ВС присутствует инверсный низкоскоростной слой и к тому же самая верхняя часть разреза в модели СВ представлена слоем с повышенной сейсмической жесткостью.

Обратим внимание на то, что приведенные коэффициенты динамичности получены в предположении линейности свойств грунта и параметров сейсмических воздействий. Существенное влияние нелинейных процессов на значения коэффициентов динамичности показывает рис. 4, где приведены коэффициенты динамичности линейной и нелинейной моделей. Сейсмические параметры моделей и мощность слоя одинаковы. Раз-

личаются коэффициенты нелинейности и интенсивность сейсмических воздействий. В линейном случае величина возбуждающего импульса 0,1 g, а в нелинейном случае амплитуда импульса 0,4 g. Несмотря на это амплитуда спектра реакции в нелинейном случае заметно ниже. Коэффициент динамичности в нелинейном случае не превышает 3,5, в то время как для линейного случая он немного ниже 6,0. Заметно изменился спектральный состав: в спектре линейной модели представлены высокочастотные составляющие (с более короткими периодами).

Таким образом, в отношении учета резонансных явлений в грунтах Российские нормативные документы нуждаются в существенных улучшениях. В частности, имеет место существенное отличие полученных на моделях значений коэффициента динамичности от предлагаемых нормативом [1] значений (не более 2,5 для всех типов грунтов). Одним из насущных предложений по этому вопросу является отказ от нормативных значений коэффициентов динамичности и использование значений, определяемых на основе расчетов реальных моделей грунтовых толщ.

Заключая этот раздел отметим, что взамен грунтовых категорий основным понятием СМР, определяющим особенности инженерно-сейсмологических изысканий на изучаемой территории, предлагается использование понятия модель сейсмогрунтовых условий. К этому понятию относятся все локальные особенности геологической обстановки, определяющие специфику сейсмических воздействий - их амплитуду и

спектральный состав. При этом желательнее представлять сейсмический разрез на глубину до скального фундамента или до регионального горизонта грунтов с достаточно высокой сейсмической жесткостью.

Заключительные предложения относительно нормативов

Остается рассмотреть вопрос, а как приведенные соображения повлияют на содержание нормативных документов? Что из них может получить свое место в будущих нормативах?

Изложенные общие соображения в тезисной форме могут быть представлены в следующем виде.

1. Инструментальные характеристики сейсмических воздействий делают необязательным использование балла, вместо которого предлагается использовать непрерывно распределенные физические величины - ускорения, периоды и длительности сейсмических колебаний. Это не означает, что понятие балла вообще следует убрать из употребления при решении любых сейсмологических проблем. Например, в вопросах палеосейсмологии использование балла оказывается едва ли единственной возможностью решать практически значимые задачи.

2. Становится необязательным использование понятия грунтовых категорий. Вместо них при описании свойств грунтового массива предлагается использовать сейсмическую жесткость, которая адекватно характеризует непрерывность свойств грунтов. Опять же можно и в данном случае повторить: грунтовые категории можно использовать, если не стоит задача точного, адекватного описания сейсмических свойств грунтов.

3. Для учета влияния свойств грунта на сейсмическую интенсивность предлагается использовать грунтовые коэффициенты (S) для высокочастотной - выше 2 Гц и низкочастотной (L) - в диапазоне от 0,25 Гц до 2 Гц - частей спектра сейсмических колебаний.

4. Вместо понятия «среднего» грунта вводится понятие «референтного» грунта, по отношению к которому следует оценивать реакцию исследуемых грунтов на сейсмические воздействия. В качестве «референтного» грунта рекомендуется принять грунты повышенной сейсмической жесткости, что позволит избежать влияния нелинейности свойств грунтов

при сильных (более 7 баллов) сейсмических воздействиях. Нормативно закрепляются параметры «референтного» грунта, по отношению к которому определяются грунтовые коэффициенты.

5. Для определения грунтовых коэффициентов S и L в линейном диапазоне напряжений и деформаций при ускорениях исходных сейсмических воздействий не более $0,1 \text{ g}$ через значение сейсмической жесткости R (в тс/м^2) следует пользоваться выражениями: $\lg A = -0,4 \lg R + 1,32$ и $\lg B = -0,6 \lg R + 2$.

6. Предлагается отказаться от нормативных значений коэффициентов динамичности, а пользоваться значениями, определяемыми на основе расчетов реальных моделей грунтовых толщ.

Литература

1. СП 14.13.330.2012. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. М., 2012.
2. BSSC (BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL). 2001: NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures, 2000 Edition, Part 1: Provisions, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency (Report FEMA 386), Washington, D.C.
3. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М., Наука и Образование, 2012.
4. Гусев А.А. О сейсмологической основе норм сейсмостойкого строительства в России // Физика Земли, 2002, №12, С. 56-70.
5. Уломов В.И., Шуმიлина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство, 1998, № 4, С.30-34.
6. Сейсмическое микрорайонирование, под ред. С.В. Медведева, М., Наука, 1977.
7. Республиканские строительные нормы. РСН- 60-86, М., Стройиздат, 1986.

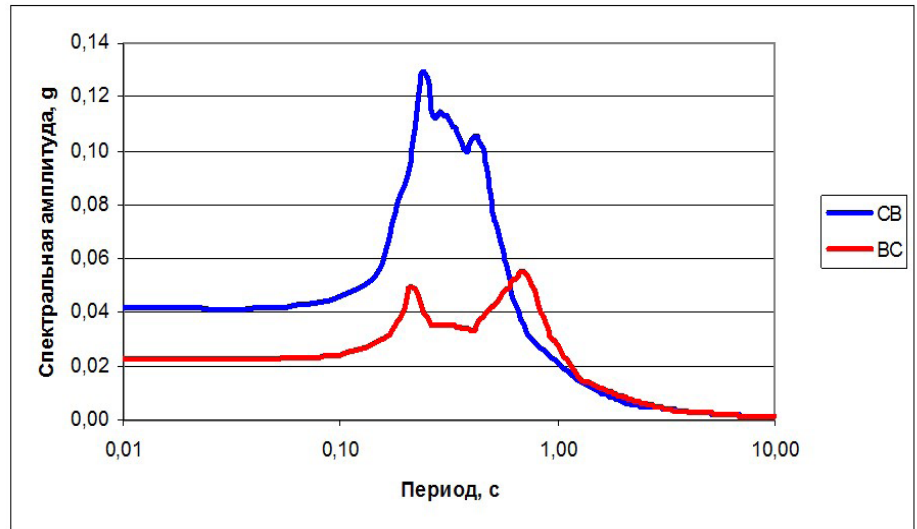


РИС.1 Спектры реакции моделей СВ и ВС

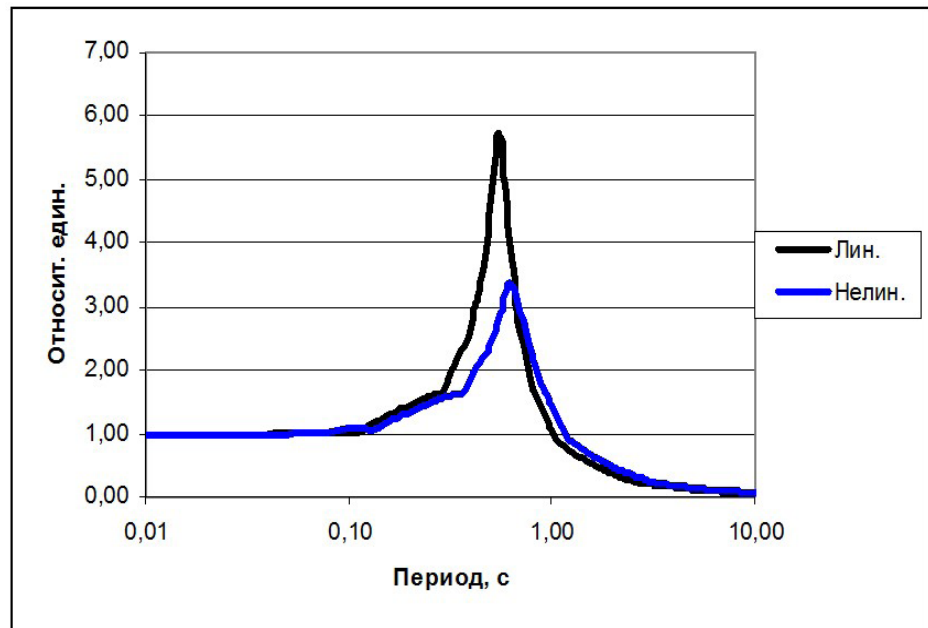
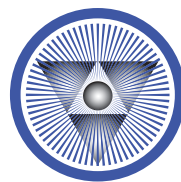


РИС.4 Коэффициенты динамичности для линейной и нелинейной моделей

№ 24 сентябрь-октябрь 2015



АТОМНОЕ **строительство**

Журнал строительного комплекса атомной отрасли