МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

ТРУДЫ НГАСУ

Т. 14, № 3 (52)

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)

НОВОСИБИРСК 2011

ISSN 1815-5987

ТРУДЫ НГАСУ

Т. 14, № 3 (52)

НОВОСИБИРСК 2011

Оказывает следующие услуги:

- проектирование и расчет: строительных конструкций, оснований и фундаментов, зданий и сооружений любой сложности и назначения, дополнительных этажей и новых объемов, инженерных сетей, предприятий водоподготовки, водоотведения, пневматических ручных и навесных машин ударного действия на любые параметры;
- комплексные натурные исследования оснований, фундаментов, надземных несущих и ограждающих конструкций, разработку рабочей документации по реконструкции и обеспечению дальнейшей надежной и безопасной эксплуатации зданий и сооружений;
- разработку градостроительной документации (генеральных планов, проектов планировки, проектов застройки), выполнение проектов интерьеров зданий, предметной среды, ландшафтного дизайна;
- геодезические работы – съемку подземных, наземных и надземных сооружений, создание специальных геодезических сетей на строительной площадке, геодезический контроль точности выполнения строительных работ, определение осадок и кренов зданий и сооружений;
- разработку мероприятий и технической документации по улучшению акустических характеристик концертных залов, студий, общественных и офисных помещений;
- проведение экспертизы проектной и проектно-сметной документации, качества выполнения строительных работ;
- выявление новых возможностей предприятия в условиях конкуренции, разработку деловых (хозяйственных), экологических паспортов предприятий, бизнес-планов инвестиционных проектов;
- обследование предприятий на соответствие международным стандартам ИСО серии 9000, осуществление подготовки организаций к сертификации; проведение социологических исследований;
- разработку программного обеспечения для решения инженерных задач;
- консультации по вопросам ценообразования и сметного дела, совершенствования управления предприятием, залогового и ипотечного кредитования;
- обучение по всем видам деятельности юрисдикции Госстроя

архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
E-mail: prorektor-nr@ngasu.nsk.su,
nich@ngasu.nsk.su
Internet: www.ngasu.nsk.su
Телефоны: (383) 266-25-81,
266-25-27, 266-38-90
Факс: (383) 266-25-81

ТРУДЫ НГАСУ. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2011. – Т. 14, № 3 (52). – 160 с.

Редакционная коллегия

Главный редактор – д-р техн. наук, профессор Ю.Л. Сколубович

Заместитель главного редактора – д-р физ.-мат. наук, профессор В.Я. Рудяк

Заместители главного редактора по направлениям:

д-р техн. наук, профессор Бернацкий А.Ф., д-р экон. наук, профессор Р.М. Гусейнов, д-р техн. наук, профессор В.М. Митасов, д-р филос. наук, профессор В.Ш. Сабиров, д-р физ.-мат. наук, профессор М.С. Соппа

Ученый секретарь: канд. экон. наук, доцент Д.А. Обозный

Члены редколлегии:

д-р физ.-мат. наук, профессор С.М. Аульченко, д-р экон. наук, профессор В.З. Баликоев, д-р техн. наук, профессор В.В. Дегтярев, д-р техн. наук, профессор Н.А. Машкин, д-р физ.-мат. наук, профессор Ю.Е. Воскобойников, д-р техн. наук, профессор Г.И. Гребенюк, д-р экон. наук, профессор Л.Ф. Манаков, д-р физ.-мат.
наук, профессор Ю.В. Немировский, д-р техн. наук, профессор А.Б. Виноградов, канд. техн. наук, доцент М.М. Титов, канд. экон. наук, доцент А.Б. Коган

© Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2011

Редактор Н.Б. Литвинова

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 54.НС.05.953.П.006252.06.06 от 26.06.2006 г.
Подписано к печати 20.12.2011. Формат 60×84/16.
Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Ризография.
Уч.-изд. л. 9,54. П.л. 10,25. Тираж 60 экз.
Заказ №

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

Отпечатано мастерской оперативной полиграфии
НГАСУ (Сибстрин)

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Козлова Т.И. О методике информационного моделирования памятников деревянного зодчества…… 6

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Воротников Д.Г. Бизнес-ангелы в формировании инновационной инфраструктуры России…… 9
Сколубович А.Ю. Проблема социального жилья разрешима…… 15

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Вольхин К.А., Петрухина К.А. Лазерное сканирование – технология формирования электронной геометрической модели здания…… 22

ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА

Жаданов В.И., Зиновьев В.Б., Шведов В.Н., Столповский Г.А. Исследование деформированного состояния материала вблизи забитого крестообразного нагеля…….. 29
Белоусова О.Н., Зеркаль С.М. Волновая диагностика скорости акустического сигнала в случае ее линеаризации возле константы…… 33
Важенцева Н.В. Результаты исследования алгоритма двумерной томографии при неполноте проекционных данных, обусловленной ограничениями на угол сканирования…….. 39

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Черепанова М.В., Дмитриев Д.А., Шабанова А.А. Обоснование внедрения модульных временных зданий на строительной площадке…… 46
Голоскоков В.Г., Матвеев В.С. Оценка реформы ценообразования в строительстве и направления решения проблем…….. 55

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Гилета В.П., Ванаг Ю.В. Влияние сил сопротивления на скорость погружения трубы виброударным способом…….. 63
Немировский Ю.В., Ажермачев А.В. Синтез гибридных ферменных деревянных конструкций при длительной эксплуатации…….. 69
Третьякова А.Н., Балакирев А.А., Ханов А.М. Сравнительный расчет вариантов усиления железобетонных балок композитными материалами……. 79
Коробова О.А. Бирюкова О.А. Результаты экспериментальных исследований модулей деформации анизотропных грунтов……..… 86
Лось В.А. Опыт проектирования сноса зданий производственного назначения……. 94
Киргизов А.М., Касланов С.В. Комплексная оценка качества бетонирования монолитных конструкций… 99

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

Бердов Г.И., Ильина Л.В., Мельников А.В. Пути повышения морозостойкости тяжелого цементного бетона введением дисперсных минеральных добавок и электролитов…… 103

Смирнова О.Е. Костра льна – органический заполнитель для производства строительных материалов…… 110
Тацки Л.Н., Повинич Р.О., Лойченко С.Г. Керамический кирпич на основе активированного местного сырья…… 116

ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Филонова Е.Н. Нормативно-правовое обеспечение экологически безопасного строительства…… 124

ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОТЕХНИКА И ГИДРОЛОГИЯ

Синеева Н.В. Некоторые вопросы распространения терригенного материала на отмелом устьевом взморье…….. 132
Чибряков Г.Г. Конструктивные особенности гидротехнических сооружений XXI столетия для разработки нефти и газа в климатических условиях Арктики……..… 138

ПЕДАГОГИКА, ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Скибицкий Э.Г., Круне Т.И. Применение модульного подхода при разработке интегрированного курса по экологии для студентов строительных специальностей…… 144

ЖКХ И ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Балыгин А.В. Повышенная вибрация на напорных трубопроводах канализационной насосной станции № 17 (КНС-17) МУП «Горводоканал» г. Новосибирска…….. 152

УДК 721.01

О МЕТОДИКЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Т.И. Козлова*

Рассматривается актуальность разработки методики информационного моделирования памятника деревянного зодчества Зашиверская церковь, которая находится в институте архитектуры и этнографии СО РАН. Освещены принципиальные вопросы по моделированию церкви.

В последние годы мировое сообщество придает особое значение охране традиционной культуры. Россия, и Сибирь в частности, имеет возможности в реализации данного направления в различных формах, что связано с разнообразием этнического состава страны, сохранностью культурных традиций, народных промыслов. Одной из форм обеспечения сохранности и представления живой традиционной культуры являются памятники деревянного зодчества.

Необходимость внедрения в реставрационное проектирование технологии информационного моделирования зданий (BIM) уже доказана на конкретных примерах. В частности, разработана методика информационного моделирования памятников, построенных из камня, где она проявила себя достаточно успешно. Дело с деревянными зданиями обстоит совершенно иначе, необходимы новые принципы и подходы в работе с ними.

На примере создания информационной модели Зашиверской церкви, которая находится в историко-архитектурном му-

* Аспирант НГАСУ (Сибстрин)

зее под открытым небом в г. Новосибирске, автором отрабатывается методика информационного моделирования памятников деревянного зодчества. Зашиверская церковь – памятник истории и архитектуры, который позволяет судить о строительных и архитектурных приемах наших далеких предков, искусном мастерстве безымянных русских плотников. Церковь дошла до нас в своем первозданном виде, что очень важно для изучения истории деревянной архитектуры вообще и практики реставрации древнерусского деревянного зодчества.

В перспективном плане развития Зашиверского комплекса, изложенном в концепции директора ИАЭТ СО РАН академика А.П. Деревянко, предусматривается реконструкция интерьера церкви, включая макет печи по-черному и тябловый иконостас, а также воссоздание плановых размеров территории Зашиверского острога средствами ландшафтной архитектуры, так как достоверных документальных данных и остатков конструкций острога нет.

Работа по созданию модели комплекса началась с тщательного и детального изучения старинных чертежей и результатов натурных обмеров. Были выявлены множественные искривления стен церкви и колокольни и отклонения их по вертикали. Создание модели должно быть в точности с оригиналом, дошедшим до наших дней. Кроме этого, были воспроизведены пропорции церкви в соответствии с традициями строительства культовых сооружений православного народа. Например, в соответствии с модульными размерами фасадов создавались уровни для привязки к ним каждого из бревен и архитектурных элементов.

Наиболее сложную и объемную работу составляет создание стен из деревянного бруса. Для этого был проанализирован весь инструментарий BIM-программы, в результате автором был сделан вывод о том, что наиболее рационально моделировать бревенчатую стену будет с помощью врезанного профиля. Однако сечение бревен у деревянных зданий не везде постоянное, вследствие чего для каждого из них требуется создание специального врезанного профиля по индивидуальным размерам в за-

висимости от радиуса сечения бревна. А затем необходима грамотная маркировка таких профилей для того, чтобы в спецификации было нетрудно определить, какой профиль к бревну какой стены принадлежит, если его понадобится отредактировать.

Кроме этого, необходима четкая систематизация самих стен, так как в одних случаях удобнее создавать стену на всю высоту сооружения, а в других необходимо составлять ее «по бревнам», то есть высота стены равна диаметру бревна.

Создание «фигурных стен» из бруса создает пока большую проблему, и в каждом конкретном случае происходит с индивидуальным подходом. Окна и двери деревянного сооружения создаются аналогично методике создания новых параметрических библиотечных элементов каменных зданий. Разница заключается в задании материала, а также, в необходимости сопоставления геометрических размеров элементов с пропорциями бревен.

Список литературы

1. *Козлова Т. И.* О методике применения BIM в моделировании памятников архитектуры / Т. И. Козлова, В. В. Талапов // Архитектура и современные информационные технологии. – 2010. – № 3(12) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.marhi.ru/AMIT/2010/3kvart10/ kozlova/abstract.php
2. *Козлова Т. И.* О разработке методики проектирования на основе информационного моделирования зданий / Т. И. Козлова, И. М. Козлов // Научные труды МГСУ «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». – 2010. – С. 119–120.
3. *Окладников А. П.* Древний Зашиверск / А. П. Окладников, Э. В. Гоголев, Е. А. Ащепков // Академия наук СССР. Сибирское отделение. Институт истории, филологии и философии. – М. : Наука, 1977.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 330.322.012

БИЗНЕС-АНГЕЛЫ В ФОРМИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РОССИИ

Д.Г. Воротников*

Поддержка малого и среднего инновационного бизнеса – это один из самых важных факторов, учитываемых при построении инновационной экономики. Не имея инвесторов, которые будут приносить «умные деньги» в компанию, коммерциализация технологий на порядок усложнится.

В процессе развития инновационная среда поддерживает технологии на самой ранней стадии их становления. Это способствует повышению интеллектуального капитала страны, созданию экономики постиндустриального общества. В сфере формирования инновационной среды наблюдаются положительные тенденции: созданы наукограды, бизнес-инкубаторы, технопарки, сети трансфера технологий, реализуются совместные с Европой проекты по «выращиванию» инновационных компаний, регулярно проводятся венчурные ярмарки. Инвесторы стали менять свое отношение к отечественным инновационным проектам, растет число частных венчурных инвесторов, практикующих в России (около 250 человек на 2010 год), ведет свою работу РАВИ**, поддерживая венчурные проекты, объем капитала РАВИ составляет около 15,2 млрд долларов (данные 2009 года).

* Аспирант НГАСУ (Сибстрин)

** Российская ассоциация прямого и венчурного инвестирования

Взгляды на венчурный бизнес начали меняться не только у инвесторов, но и у ученых. Авторы разработок все охотнее пытаются вывести свои технологии на рынок. Запущены программы по поддержке инноваторов, такие как Зворыкинский проект, Предпринимательский конкурс БИТ, Программы Фонда Бортника, Программы «Старт», «У.М.Н.И.К.», «Лаврентьевский прорыв». Все эти проекты, безусловно, эффективны, но останавливаться на достигнутом не стоит.

В последнее время особую актуальность приобретает создание систем, позволяющих наиболее эффективно управлять процессами в инновационной сфере. Очевидно, что иметь идею недостаточно, необходимо уметь ее продать. Формирование новых технологий управления направлено на укрепление связей между инноватором и инвестором. В начале XXI века в странах Запада получила распространение модель управления инновационными процессами «Открытые инновации». Суть ее заключается в том, чтобы абсолютно все невостребованные технологии нашли свое место на рынке: либо в составе другого более глобального проекта, либо в виде индивидуального проекта, получившего реализацию в форме малого инновационного предприятия. Оценивая применимость «Открытых инноваций» в России, можно с уверенностью сказать, что невостребованные идеи в отечественной экономике присутствуют. Пороговые значения невостребованных технологий расположены как в оборонно-промышленном комплексе, так и в гражданском секторе экономики. Неиспользованный потенциал страны можно расценивать как DealFlow, или «пул» инновационных проектов, который при определенном воздействии сможет сформировать в экономике прослойку инновационно активных предприятий. Как показывает статистика, количество таких предприятий в Российской экономике сильно уступает странам Запада, где в среднем доля инновационно активных предприятий в 2008 году, по данным Росстата, составляла 60 %, а в России – 9 %. Для преобразования невостребованных идей в инновационные фирмы необходимо привлекать частный капитал. На стадии «посева», когда вся капитализация фирмы состоит лишь из ее интел-

лектуальной собственности, инвестировать довольно рискованно. Для того чтобы эти риски минимизировать, необходимо научиться тщательно анализировать рынок и конкурентов, уметь собрать команду и правильно ее организовать, грамотно подходить к управлению проектом и эффектно его представлять инвестору. Как показывает практика, российские ученые способны генерировать нестандартные и очень интересные идеи, но они не умеют их продавать. Задача развития менеджмента и управления проектами – одна из самых главных задач, которые необходимо решать. Опыт управления и продаж можно получить из разных источников. Обучением менеджменту занимаются такие организации, как СБАР (Сеть бизнес-ангелов России) и различные структуры, входящие в бизнес-инкубаторы и технопарки России.

Все произведенные в России технологии состоят из технологий, накопленных в гражданском секторе экономики и в секторе оборонной промышленности. Опираясь на предыдущие исследования, можно с уверенностью сказать, что 90 % идей не востребованы, из них около 50 % соответствуют мировому уровню. Накопившийся потенциал можно использовать, коммерциализировать его, извлечь прибыль. Часть новых технологий всегда будет востребована крупными корпорациями. Эти технологии, минуя рынок, адаптируются под нужды предприятия и приносят прибыль в рамках рабочей бизнес-модели той корпорации, которая их приобрела. Технологии, не востребованные корпорациями, предъявляются в различных формах на отечественный и мировой рынки.

Из всех возможных объектов коммерциализации создание малого или среднего бизнеса на основе невостребованных технологий – это самое эффективное использование накопленного потенциала. Существует несколько способов привлечения финансирования – это средства из грантов, личные сбережения основателя и из средств 3F «friends (друзья), family (семья), fools (дураки)». Когда же эти средства заканчиваются, проект проходит самую критическую точку, он находится на стадии «долины смерти». В этот момент больше всего фирм прекращают свое

существование, на данной стадии инвестировать крайне рискованно, и инвестор должен обладать немалым опытом и чутьем, для того чтобы выбрать успешный проект и рискнуть своими деньгами. Наиболее эффективным является привлечение инвестиций бизнес-ангела за долю в компании. При этом инвестор принимает активное участие в развитии бизнеса, делится своим опытом и связями, принимая решения в составе рабочей команды управленцев. Бизнес-ангел – это авантюрист, имеющий свободный капитал и свободное время для управления. Наградой за риски является удачная продажа своей доли в компании. После выхода из успешного проекта прибыль может составлять порядка 400 % в год. Бизнес-ангелы инвестируют, как правило, от 0,1 до 1 млн долларов в проект, при этом один бизнес-ангел одновременно ведет около 5 проектов, диверсифицируя свою деятельность и уменьшая риски. Пласт подобных инвесторов только формируется в России, еще не все инвесторы относят себя к бизнес-ангелам, хотя вкладывают инвестиции в венчурные проекты. Важно понимать, что подобные инвестиции необходимо поддерживать, поскольку они заполняют пробел в процессе инвестирования, вкладывая средства еще до того, как в инвестиционные процессы вступает венчурная компания. Венчурная компания вкладывает более крупные средства от 1 до 10 млн долларов в уже устоявшиеся проекты, которые отличаются гораздо меньшим риском и уже стабильно развиваются на рынке. В венчурном фонде на долю инвестиций стадии «посева», т.е. когда капитализация фирмы не имеет существенных активов, приходилось лишь 2,6 % в 2009 году, при этом динамика такова, что их доля продолжает снижаться.

Однако своеобразной компенсацией недостатка посевных инвестиций со стороны венчурных фондов является рост бизнес-ангельских инвестиций. Их объем, по разным источникам, составляет порядка 3,7 млн долларов, для сравнения, в США – это порядка 20 млрд долларов в год. Участие бизнес-ангелов в развитии инновационных проектов свидетельствует о том, что интересы бизнеса и авторов инновационных технологий начинают сближаться. При хорошей экономической проработанно-

сти проекта его шансы получить финансирование резко увеличиваются. Тщательно проанализировать рынок и конкурентов, уметь собрать команду и правильно ее организовать, грамотно подходить к управлению проектом и эффектно его представлять инвестору – все это позволяет минимизировать риски. Но экономической проработанностью не должен заниматься автор самолично. Один из важнейших вопросов, который интересует инвесторов, – это команда проекта. Говоря о коммерциализации технологий и о внедрении разработок, конечно, не стоит возлагать все обязанности на инноватора. Автор должен продолжать развивать технологическую сторону продукта, а большая часть обязанностей по продвижению продукта и созданию промышленного образца должна быть возложена на плечи команды. В малой инновационной фирме, по мнению СБАРа, команда должна состоять из трех основных работников – Разработчик-Менеджер-Инвестор, у каждого из которых есть своя область занятости и свои стимулы к развитию организации [2].

Примером инструмента, генерирующего инновационные компании по принципу взаимного проникновения интересов и сочетающего в одном проекте деятельности менеджера, разработчика и инвестора, служит инновационная управляющая компания «ФиБр», которая осуществляет свою деятельность в Сибири и аккумулирует сибирских бизнес-ангелов. «ФиБр» была создана отечественными бизнесменами без государственной помощи. Компания «ФиБр» ежегодно проводит конкурс инноваторов БИТ-Сибирь, на который приглашаются ученые из сибирских регионов, решивших открыть малое инновационное предприятие. На этом конкурсе компания популяризует инновационные проекты, собирает потенциальных инвесторов, сама инвестирует в интересные проекты. Кроме проведения конкурсов, специалисты компании обучают инноваторов предпринимательскому делу, ежегодно проводится лицей инноваторов, в разных городах Сибири сотрудниками компании организуются лекции, мастер-классы.

Участие бизнес-ангелов в развитии инновационных проектов свидетельствует о том, что интересы бизнеса и авторов

инновационных технологий начинают сближаться. Следует упомянуть мнение руководителя компании «Марчмонт Капитал Партнерс» Кендрика Уайта по поводу программ, направленных на сближения интересов ученых и инвесторов: «Я вижу, что все эти программы создают ту необходимую "критическую массу" поддержки, которая двигает страну в сторону подлинной модернизации на долгие годы. В отличие от двух Америк, мне кажется, что две России рано или поздно объединятся, и тогда страна "выстрелит"».

Из-за недостаточной доли бизнес-ангелов в отечественной экономике у множества инновационных компаний отсутствует эффективный менеджмент, прозрачный учет и отлаженные бизнес-процессы, поскольку инвесторы приносят в компанию так называемые «умные деньги» – это инвестиции и большой опыт в бизнесе, который позволяет правильно и эффективно организовать работу инновационного предприятия.

Список литературы

1. *Авдулов А. Н.* Структура и динамика научно-технического потенциала России / А. Н. Авдулов, А. М. Кулькин. – М., 1996 – 319 с.
2. *Каширин А. И.* В поисках Бизнес-ангела. Российский опыт привлечения стартовых инвестиций / А. И. Каширин, А. С. Семенов. – М. : Вершина, 2008. – 384 с.
3. *Кендрик Уайт.* Инновации для бизнеса. Модель развития России в XXI столетии / Уайт Кендрик [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.marchmont.ru/book/(дата обращения: 28.03.2011).
4. *Чесбро Г.* Открытые инновации / Г. Чесбро. – М. : Поколение, 2007. – 336 с.

УДК 332.8

ПРОБЛЕМА СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ РАЗРЕШИМА

А.Ю. Сколубович*

Среди многообразных проблем жилищной обеспеченности граждан России наиболее острой становится решение задачи социального жилья для наиболее обездоленных членов общества.

Под социальным жильем мы понимаем жилища, построенные за счет государственного или муниципального бюджета, которые предоставляются людям по договору социального найма, и этот договор носит бессрочный характер. Сегодня к этой категории относится все жилье, которое не было приватизировано. Оно может находиться либо в государственном, либо в муниципальном жилищном фонде.

В обыденном сознании часто социальное и муниципальное жилье отождествляются. Муниципальное жилье – это жилые помещения, находящиеся в собственности города, которые распределяются между жителями. В районах, отдаленных от центра города, за проживание в муниципальных квартирах арендная плата не взимается, человек оплачивает только коммунальные услуги собственнику здания. Что касается центральных районов, то администрациями городов обычно устанавливается еще и арендная плата в муниципальных домах. Собираемые с жильцов деньги идут на содержание муниципального жилья. Естественно, обладатели муниципальных квартир оплачивают коммунальные расходы фирмам, которые занимаются обслуживанием домов.

Муниципальные квартиры предоставляются людям, имеющим низкий доход, а также тем, кто не способен приобрести жилье самостоятельно. К этой категории можно отнести:

* Аспирант кафедры общей экономической теории НГАСУ (Сибстрин)

– семьи, проживающие в ветхом, не пригодном для проживания жилье;
– одиноких пенсионеров, оставшихся по каким-то причинам без жилья;
– молодые семьи;
– инвалидов;
– молодых специалистов;
– детей, покидающих детский дом и начинающих свою самостоятельную жизнь.

Конечно же, на муниципальное жилье есть очередь, в среднем она составляет порядка 30 семей на квартиру.

Для тех, у кого нет собственного жилья и нет возможности его быстро получить, государство нашло способ поддержки – предоставление социального жилья.

Социальное жилье дается не навсегда, а временно, на определенный срок (договор заключается на срок до 5 лет, после чего его можно продлевать). Социальное жилье не становится собственностью гражданина и его семьи, они живут там, ожидая, когда им выделят собственную квартиру. Дети-сироты, дети, лишенные родительской опеки, после окончания интерната или службы в армии, а также те, у кого жилье находится в непригодном для проживания состоянии, имеют право получить социальное жилье без очереди.

Плата за социальное жилье, свет, газ, воду значительно ниже, чем если бы гражданин проживал в собственной или съемной квартире. Эта плата зависит от того, каков доход гражданина, претендующего на социальное жилье.

Если человеку негде жить совсем, то еще перед въездом в социальное жилье ему могут предоставить комнату в социальном общежитии. Для получения социального жилья человек должен встать на социальный квартирный учет, написать заявление в жилищном отделе мэрии того города или района, в котором живет (для сирот – в том, где жил до направления в интернат). При получении социального жилья человек подписывает договор найма, в котором указано, сколько он будет платить за проживание, перечень коммунальных услуг, которые он бу-

дет получать, при каких условиях его могут выселить и многое другое.

Социальное жилье предоставляют тем, у кого месячный доход меньше прожиточного минимума (эта величина изменяется каждые три месяца).

Человека снимают с очереди на социальное жилье, если увеличились его доходы (т.е. стал получать больше средств, чем прожиточный минимум в месяц); он переехал жить в другой город или район; он подавал в документах неправдивую информацию о себе.

В соответствии с Жилищным Кодексом, начиная с марта 2005 года в очередь на социальное жилье ставят только россиян, которые признаны малоимущими. Вместе с тем государство не отказалось от старых обязательств – предоставить жилье по договору социального найма более 3 миллионам семей, которые стояли в очереди по состоянию на 1 марта 2005 года. То есть это люди, которые независимо от того, малоимущие они или нет, имеют право на получение социального жилья. Теоретически жилье будет предоставляться бесплатно, но наниматели будут оплачивать коммунальные услуги, содержание дома, ремонт.

Задача обеспечения социальным жильем упирается в несколько проблем: дефицит жилья, т.е. нехватка жилых помещений, отвечающих всем прожиточным требованиям; несоответствие структуры жилищного фонда демографической структуре семей, многие семьи не обеспечены даже 9 $м^2$ на человека; несоответствие имеющегося жилищного фонда требованиям к потребительским качествам жилья; несоответствие требований к техническому содержанию жилищного фонда, иначе ветхость жилищ.

Разрешение проблемы социального жилья требует усилий в следующих направлениях:

– *поиск и привлечение централизованных и децентрализованных источников финансирования строительства, капитального ремонта и реконструкции жилья* (разработка и реализация государственных и муниципальных

жилищных программ и проектов, формирование городских фондов строительства, реконструкции и ремонта жилищного фонда, привлечение средств инвесторов, предприятий и организаций, населения, строительство жилых домов на паевых основах, концентрация средств в конкретных фондах и проектах);

- *повышение доступности жилья для широких слоев населения* (создание благоприятных условий для развития рынка жилья и жилищных услуг по эксплуатации жилищного фонда, оказание реальной помощи населению в приобретении жилья на первичном и вторичном рынках в разных формах, стимулирование развития систем жилищного кредитования, в том числе ипотеки, использование муниципальных жилищных займов);
- *совершенствование системы обеспечения жильем социально незащищенных категорий населения* (разработка эффективных систем целевой поддержки социально незащищенных групп населения, усиление государственной и муниципальной помощи, предоставление бесплатного или дешевого муниципального жилья);
- *совершенствование градостроительных, архитектурно-планировочных и экологических подходов к формированию благоприятной жилой среды* (развитие качественной малоэтажной и смешанной застройки, переход от типовых проектов к индивидуальным и образцовым, развитие комплексной застройки, включающей благоустройство территории);
- *повышение качества эксплуатации жилищного фонда* (существенное улучшение содержания и ремонта жилищного фонда, экономия энергетических ресурсов, стимулирование снижения издержек и повышения качества жилищно-коммунальных услуг, развитие систем самоорганизации граждан) [1].

Многие исследователи считают, что оптимальным решением жилищной проблемы является ипотека. В частности, В. Иванченко считает, что «решение жилищной проблемы – ипотека. Социальная сущность ипотеки должна раскрываться и реализовываться по комплексным воспроизводственным критериям, в основу которых следует положить производительную (в том числе интеллектуальную) силу человека и создание всех необходимых условий для оптимального ее использования в обществе. В качестве главного определяющего ресурса ипотеки считать не возможности заклада собственности в виде земли и другой недвижимости, а наличие у человека способности к труду, реализации своего умения, знаний, профессионализма, опыта» [2]. Это можно понять как альтернативный вид выплаты ипотеки, как интеллектуальный залог, в виде работы на государство.

М.Н. Логинов говорит: «В большинстве стран мира приобретение жилья в кредит – основной способ решения жилищной проблемы. В этой сфере экономической деятельности ключевую роль играют банковские и другие кредитные структуры. Государство же выполняет вспомогательную функцию, устанавливая общие правила взаимодействия всех участников процесса жилищного кредитования, а также при необходимости прямым или косвенным образом используя бюджетные средства для привлечения дополнительных частных инвестиций в жилищную сферу и оказания содействия гражданам в приобретении жилья». Иначе – государство должно поддерживать семьи и отдельных граждан в покупке жилья. Но жилищное кредитование в России не слишком распространено из-за трудности формирования ресурсной базы долгосрочных ипотечных кредитов, высоких рисков ипотечного кредитования и др. М.Н. Логинов приводит таблицу факторов, влияющих на развитие ипотечного жилищного кредитования [3].

Факторы, влияющие на развитие ипотечного жилищного кредитования

Благоприятные факторы	Неблагоприятные факторы
Укрепление законодательной и нормативной базы ипотечного кредитования	Выбор государством только одной модели
Стимулирование за счет государственного финансирования	Пассивность властей в развитии правового поля ипотечного кредитования
Поддержка государственными и муниципальными органами власти проектов ипотечного кредитования	Отсутствие экономических механизмов для обеспечения устойчивой финансовой базы
Создание инфраструктуры рынка недвижимости	Банки предпочитают выдавать краткосрочные кредиты
Наличие налоговых льгот	Нет методологии ипотечного кредитования
Приватизация жилищного фонда	Сохранение института прописки
Повышение спроса на жилье	Нестабильность экономики

Концепции разрешения жилищной проблемы основаны на практиках зарубежных стран. Однако, помимо трудностей кредитования, не стоит забывать еще об одной особенности: о спекулянтах, которые практикуют скупку, аренду и перепродажу жилья. Поэтому в решении социально-экономической проблемы необходим государственный подход.

Государство должно законодательно определить новую сущность, содержание, цели и задачи ипотеки и механизмы их реализации. Необходимо создать гарантийный фонд ипотеки на уровне пенсионного накопительного фонда. Ипотечный фонд должен иметь особый ресурс государственной гарантии. Важнейшими результатами этих изменений должны стать сущест-

венные улучшения жилищных условий потребителей, повышение уровня жилищно-коммунального обслуживания.

Сегодня существует множество программ по приобретению жилья и ипотечному кредитованию. Многие семьи и отдельные граждане не могут позволить себе купить жилье, поэтому должна быть создана более гибкая система кредитования, которая подстраивается под возможности граждан. Уже сейчас программы ипотечного кредитования предусматривают возможность получения налогового вычета, который включает сумму, потраченную на покупку квартиры, и процент за пользование кредитом, что значительно облегчает и ускоряет оформление документов. Для малоимущих семей и отдельных граждан ипотечное кредитование – это довольно выгодный вариант приобретения жилья.

Список литературы

1. *Новости:* На госсовете РФ предложены меры по обеспечению доступности жилья // Все о недвижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.proned.ru/novosti/novoe/na-gossovete-rf-predloz heny-mery-po-obespecheniyu-dostypnosti-zhilya.html (дата обращения 20.01.2011).
2. *Иванченко В.* Социальное значение и перспектива жилищного кредитования / В. Иванченко // Экономист. – 2008. – № 11. – С. 75–83.
3. *Пащенко Н. П.* Не решили, а запретили / Н. П. Пащенко // ЭКО. – 2006. – № 7. – С. 92–99.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 004.(924+ 925.8)+ 624.92

ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ – ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

К.А. Вольхин[*], К.А. Петрухина[**]

Рассматривается технология лазерного сканирования как средство формирования электронной геометрической модели зданий, сооружений и местности для реализации информационной поддержки жизненного цикла объектов инфраструктуры и строительства.

В настоящее время информатизация всех сфер жизнедеятельности общества стала объективной реальностью. В промышленности и строительстве происходит интенсивное внедрение технологий, обеспечивающих информационную поддержку жизненного цикла изделия от замысла до утилизации. Информационное моделирование зданий – процесс генерации и управления данными о здании на протяжении его жизненного цикла, которое подразумевает использование средств архитектурно-строительного проектирования для создания единой информационной модели здания. Информационная модель здания содержит информацию о его геометрии, пространственных отношениях, географическом расположении, свойствах материалов и т.п. [1]. Проектирование современных зданий и сооружений осуществляется в среде различных систем автоматизированного проектирования, обеспечивающих создание виртуальной модели здания, что позволяет многие производственные и коммерческие вопросы решать еще до реального воплощения проекта.

[*] Канд. пед. наук, доцент кафедры начертательной геометрии НГАСУ (Сибстрин)
[**] Студент НГАСУ (Сибстрин)

Проблема информационной поддержки жизненного цикла старых зданий обостряется, когда встает вопрос об их реконструкции, переоснащении или реставрации.

В первую очередь нужно понимать, что информационная модель здания представляет собой электронную параметрическую геометрическую модель.

Для того чтобы построить геометрическую трехмерную модель здания, требуется информация о его форме и размерах. Наличие архивов проектно-конструкторских документов может существенно упростить ее создание. Бумажные чертежи необходимо отсканировать – перевести в электронный вид, обработать с помощью гибридных графических программ (векторизовать) и дальше использовать как основу для формирования цифровой трехмерной модели. Сканирование, как и печать плоских изображений, в настоящее время является обычным процессом, а когда речь заходит о применении этих технологий к трехмерным объектам, то говорить о широком распространении пока рано. При этом можно отметить, что технологии лазерного сканирования уже зарекомендовали себя как эффективный инструмент создания электронной модели реальных трехмерных объектов в различных отраслях промышленности. В строительстве наиболее интересным примером использования лазерного сканирования является создание цифровой модели здания с утерянной проектно-конструкторской документацией. В случае отсутствия чертежей для построения модели требуется обмер сооружения. При проведении реставрационных работ зданий, представляющих историческую ценность, которые очень часто имеют формы, трудно поддающиеся измерениям, и находящихся в аварийном состоянии, традиционными методами определить форму и размеры сложно, а иногда и невозможно. В этом случае оптимальным вариантом для создания основы цифровой модели здания может стать технология лазерного сканирования, позволяющая бесконтактным методом получить трехмерную точечную модель здания.

Лазерный сканер – это прибор, выполняющий измерения с помощью лазерного излучения. В результате измерения рас-

стояний и углов до точек лазерных отражений вычисляются пространственные координаты этих точек. Сканер выполняет измерения с очень высокой частотой (до нескольких сотен тысяч измерений в секунду), в результате чего получается большой объем координатных данных. В дальнейшем эти данные используются для построения пространственных цифровых моделей измеряемых объектов [2].

Существует два вида лазерного сканирования: воздушное и наземное. Воздушное лазерное сканирование является топографо-геодезической технологией для сбора данных по рельефу и наземным объектам. Сканирование проводится с высоты 500–1500 м. Установленный на самолете или вертолете лазер проводит сканирование поверхности земли и объектов, расположенных на ней, регистрируя направление лазерного луча и время прохождения луча. Таким образом, удается однозначно локализовать в пространстве точки, от которых отразились лазерные лучи. От высоты съемки зависит его точность. Средняя точность воздушного лазерного сканирования составляет 15 см, максимальная – до 5 см. Результатом лазерного сканирования территории является облако точек лазерных отражений, каждая из которых характеризуется пространственными координатами (x, y, z), интенсивностью и временем регистрации, автоматизированная обработка которых позволяет создать высокоточную цифровую модель рельефа территории [3]. Для придания фотореалистичности полученной модели одновременно с лазерным сканированием ведется цифровое фотографирование поверхности земли.

Наземное лазерное сканирование – оперативный и производительный способ получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте. Оно является самостоятельным направлением топогеодезических работ и построено практически на тех же принципах производства измерений, что и воздушное лазерное сканирование. Наземное лазерное сканирование позволяет обеспечить большую плотность и точность точек лазерных отражений и, следовательно, более высокий уровень детализации съемки. Наземную лазерную съемку ис-

пользуют при необходимости получения детальных планов и трехмерных моделей на локальные территории [3].

В большинстве конструкций сканеров используется импульсный лазерный дальномер. На пути к объекту импульсы лазерного излучения проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Все управление работой прибора осуществляется с помощью портативного компьютера со специальными программами. Полученные значения координат точек из сканера передаются в компьютер по интерфейсному кабелю и накапливаются в специальной базе данных. Главными принципиальными особенностями программ для лазерного сканирования являются возможность их работы с очень большими объемами данных и наличие развитых функций трехмерного моделирования. Кроме этого, специализированные программные продукты имеют массу других функций, крайне необходимых для работы с облаками точек, таких как возможности выполнения разнообразных измерений, чистки проектов от лишней информации и т.д.

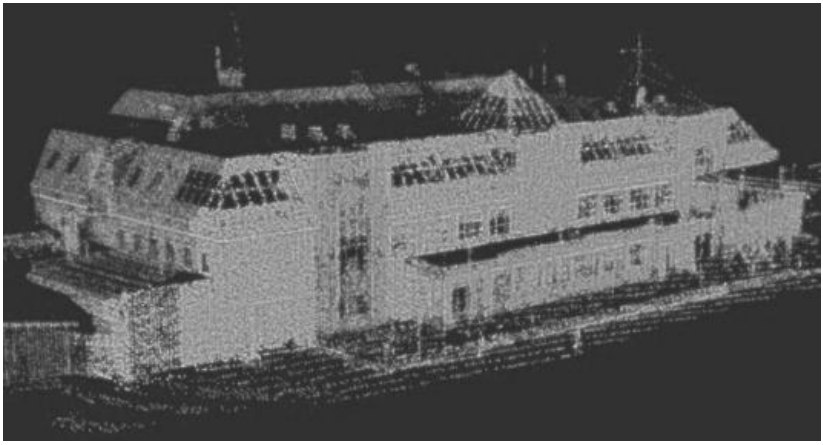


Рис. 1. Облако точек, полученное сканированием здания [http://www.ark-on.ru/images/id82/]

При создании трехмерной модели здания методом лазерного сканирования можно выделить 3 этапа. Первый этап заключается в получении точечной модели с помощью сканирования (рис. 1). Второй – полученную точечную модель векторизуют, получая тем самым каркасную модель (рис. 2). Третий этап – непосредственно получение поверхностной модели здания и наложение текстур, полученных методом цифрового фотографирования объектов (рис. 3). После автоматизированной либо интерактивной обработки точек лазерных отражений создается высокоточная цифровая модель рельефа территории и трехмерные CAD-модели объектов (абсолютная точность определения координат около 1–3 см) [5].

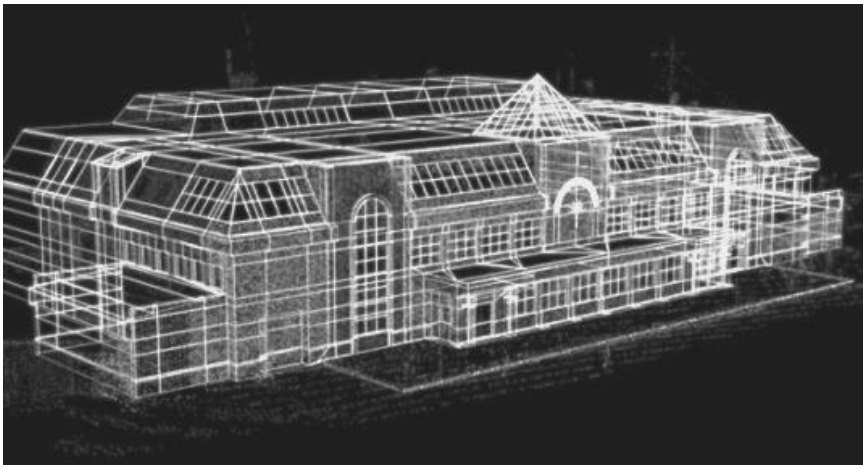


Рис. 2. Векторизация точечной модели здания
[http://www.ark-on.ru/images/id84/]

Рис. 3. Модель здания
[http://www.ark-on.ru/images/id85/]

Формирование электронной геометрической модели здания с использованием технологии лазерного сканирования позволяет перевести все проектные работы по реконструкции и реставрации зданий и сооружений в среду систем автоматизированного проектирования. Модель, полученная в результате сканирования, будет полностью соответствовать фактическим формам и размерам реального объекта, с учетом всех изменений и отклонений от проекта, допущенных в процессе строительства. Кроме того, эта технология предоставляет уникальные возможности формирования цифровых моделей нестандартных элементов конструкций, воссоздание которых инструментами современных систем автоматизированного проектирования даже по имеющимся чертежам – трудоемкая и кропотливая работа.

Список литературы

1. *Информационное* моделирование зданий [Электронный ресурс] // PLM-pedia Электронная энциклопедия PLM. – Режим доступа: http://plmpedia.ru/wiki/информационное%20моделирование%20зданий (дата обращения 02.02.2011).
2. *Лазерное* сканирование [Электронный ресурс] // ГЕОКОСМОС. Земля по новому: здесь и сейчас. – Режим доступа: http://www.geokosmos.ru/about/technologies/laser/ (дата обращения 02.02.2011).
3. *Воздушное* лазерное сканирование [Электронный ресурс] // Проектно-изыскательский институт ГЕО. Современные технологии исследования и развития территорий. – Режим доступа: http://www.pgeo.ru/napr_deiat/resh_for_org_vlasti/metodi_dist_zondirovania_zemli/vozdushnoe_lazernoe_skanirovanie/ (дата обращения 02.02.2011).
4. *Наземное* лазерное сканирование [Электронный ресурс] // Геометр-Центр: геодезические работы, геодезическое оборудование, геодезические приборы. – Режим доступа: http://www.geometer-center.ru/default.aspx?page=136 (дата обращения 02.02.2011).
5. *Наземное* лазерное сканирование [Электронный ресурс] // АРКОН Современные геоинформационные решения. – Режим доступа: http://www.ark-on.ru/about/item31/ (дата обращения 02.02.2011).

УДК 624.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА ВБЛИЗИ ЗАБИТОГО КРЕСТООБРАЗНОГО НАГЕЛЯ

В.И. Жаданов[*], В.Б. Зиновьев[**], В.Н. Шведов[***]
Г.А. Столповский[****]

В статье описываются исследования напряженно-деформированного состояния древесины при забивке в нее нагелей крестообразного сечения и определения минимальных размеров между нагелями вдоль волокон древесины.

В настоящее время известен ряд различных экспериментальных методов, которые широко используются в машиностроении для исследования напряженно-деформированного состояния и прочности конструкций. Ниже рассматриваются вопросы, связанные с применением интерференционно-поляризационного метода в оптическом диапазоне электромагнитных волн (поляризационно-оптического метода или метода фотоупругости), целью которых является определение расстояния между нагелями, забиваемых вдоль волокон древесины, чтобы исключить раскалывание деревянного элемента.

На поверхность недеформированного деревянного бруса с помощью эпоксидного клея приклеивалась пластина из эпоксидной смолы. Следует отметить, что модуль упругости пластины из эпоксидной смолы больше модуля упругости древесины поперек волокон, но меньше, чем вдоль волокон, поэтому фото-

[*] Д-р техн. наук, профессор ОГУ (Оренбург)
[**] Канд. техн. наук, доцент СГУПС (Новосибирск)
[***] Канд. техн. наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)
[****] Преподаватель ОГУ (Оренбург)

упругое покрытие наклеивалось не на всю поверхность, а только узкими полосками, ориентированными вдоль волокон древесины. Для создания отражающего слоя в клей добавлялась бронзовая или алюминиевая пудра. Затем с помощью пресса ДМ 30М в древесину вблизи фотоупругого покрытия вдавливался на определенную глубину нагель крестообразного сечения. После чего приступали к регистрации фотоупругих картин.

Известно, что затухание возмущения, вызванного приложением самоуравновешенной нагрузки, носит экспоненциальный характер [2, 3]. Возмущение, вызванное внедрением нагеля, самоуравновешенное и порядок полосы N в методе фотоупругих покрытий определяется зависимостью

$$N = \frac{2d \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{\varepsilon^{1,0}},$$

где d толщина покрытия;

$-\varepsilon^{1.0}$ – цена полосы по деформациям материала покрытия [1].

Можно допустить, что

$$N = Ce^{-\frac{x}{\tau}}, \qquad (1)$$

где τ – постоянная характеризующая скорость затухания возмущения и определяется как расстояние, на котором возмущение убывает в e раз;

x – координата, отсчитываемая вдоль волокон древесины.

Согласно (1)

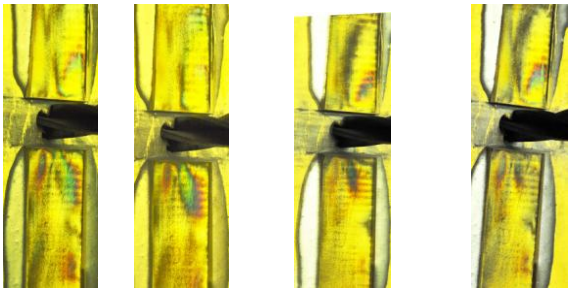
$$\ln N = \ln(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) + \ln\frac{2d}{\varepsilon^{1,0}} = \ln(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) + C,$$

где C – константа.

Отсюда следует, что быстрота изменения $\ln N$ совпадает с быстротой изменения логарифма разностей главных деформаций на поверхности исследуемого материала и постоянная τ, определенная для величины N, характеризует скорость затухания главных сдвиговых деформаций.

При исследовании деформированного состояния чувствительности метода не хватает, так как применение толстых покрытий приводит к значительному подкреплению древесины.

С целью повышения чувствительности был применен метод компенсации по полю, основанный на том, что при регистрации картин полос между поляризатором и анализатором устанавливается некоторый угол β. В этом случае вдоль изоклины 45°, разрешающее уравнение имеет вид $\frac{\omega}{2}(t_1 - t_2) = \pi N - \beta$ и порядок полосы равен $N - \frac{\beta}{\pi}$. Здесь ω – круговая частота световой волны, t_1 и t_2 – время прохождения соответствующих медленной и быстрой оси соответственно покрытия. На рисунке приведены картины полос, наблюдаемые при забивании нагеля с наибольшим размером 16 мм в брус 150×100 мм на 5 см. Угол β изменяется на каждом шаге на $\frac{\pi}{6}$.



$\beta = 0^0$ $\beta = \frac{\pi}{6}$ $\beta = \frac{\pi}{3}$ $\beta = \frac{\pi}{2}$

Картины полос вблизи нагеля 16 мм. Забит на 5 см

В уравнении (1) три неизвестные величины. Порядок полосы *N*, так как во время забивания нагеля картины полос не регистрировались. Известно только то, что при β = 0 *N* – целое число, и порядки полос на следующих отличаются на $\frac{\beta}{\pi}$, в нашем случае на $\frac{1}{6}$. Вторая неизвестная *C* – наибольший порядок

полосы вблизи нагеля. И, наконец, собственно искомая величина τ. Указанные величины могут быть найдены при решении системы из трех уравнений типа:

$$N + \frac{i}{6} = Ce^{-\frac{x_i}{\tau}}, \qquad (2)$$

где $i = 0, 1, 2, 3$ для картин полос с β равными 0^0, $\frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{3}$ и $\frac{\pi}{2}$;

x_i – координата центра темной полосы на соответствующей картине полос.

Чтобы исключить раскалывание деревянного элемента при забивке в него нагелей, расстояние между нагелями следует принимать таким, чтобы в области наложения напряжений, обусловленных забивкой двух соседних нагелей, величина каждого из напряжений снижалась до 2 % от максимальной величины. Данное уменьшение происходит на расстоянии равном 4τ, следовательно, расстояние между соседними нагелями следует принимать равным 8τ. Таким образом, для нагелей крестообразного сечения с габаритным размером 14×14 мм по результатам фотоупругих испытаний рекомендуется принять расстояние между нагелями 13 см, а для нагелей с габаритным размером 16×16 мм – 15 см.

Список литературы

1. *Александров А. Я.* Поляризационно-оптические методы механики деформируемого твердого тела / А. Я. Александров, М. Х. Ахметзянов. – М. : Наука, 1973. – 576 с.
2. *Демешкин А. Г.* О длине образцов из однонаправленного композита с учетом структуры и анизотропии / А. Г. Демешкин, В. М. Корнев // Механика композитных материалов. – 1981. – № 2.
3. *Жилкин В. А.* Определение зоны краевого эффекта с помощью метода голографического муара / В. А. Жилкин, В. Б. Зиновьев // Журнал прикладной механики и теоретической физики. – 1986. – № 5. – С. 132–135.

УДК 518.4+51.421.1

ВОЛНОВАЯ ДИАГНОСТИКА СКОРОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В СЛУЧАЕ ЕЕ ЛИНЕАРИЗАЦИИ ВОЗЛЕ КОНСТАНТЫ

О.Н. Белоусова[*], С.М. Зеркаль[**]

В статье рассматривается обратная задача теории распространения волн в динамической постановке, определяется скорость распространения упругой волны в среде, допускающей линеаризацию скорости возле константы. Исходной информацией является волновое поле, измеренное в одной точке на плоскости наблюдения за некоторый промежуток времени. Существенным является рассмотрение не всего пространства при различных граничных условиях. Приводится вычислительный алгоритм и численные результаты его применения.

В работе решена одномерная обратная задача в линеаризованной постановке, заключающаяся в определении скоростного распределения в исследуемой среде по режиму колебаний, известному в одной точке. Проведено исследование различных граничных условий и численное экспериментирование, иллюстрирующее помехоустойчивость полученных формул обращения. Данная статья развивает численное решение обратных динамических задач сейсмики [1]. Априорная информация о скорости зондирующего сигнала в исследуемой среде, полагающая ее представление в виде малых вариаций возле константы, хорошо согласуется с распределением скорости акустического сигнала в Мировом океане.

[*] Канд. техн. наук, доцент, науч. сотр. ИАиЭ Со РАН

[**] Д-р техн. наук, профессор кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

В математическом отношении задача сводится к определению коэффициента $C(z)$, имеющего физический смысл скорости распространения зондирующего сигнала, в волновом уравнении

$$C^2(z)u_{tt} - \Delta u = f(x,t),\ x = (x_1, x_2, z) \in R^3,\ z \in (0,H),\ t > 0, \qquad (1)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$u\big|_{t<0} \equiv 0$$

$$l_0[u] = \alpha_0 u_z + \beta_0 u\big|_{z=0} = 0$$

$$l_H[u] = \alpha_1 u_z + \beta_1 u\big|_{z=H} = 0$$

и дополнительной информацией о решении прямой задачи u:

$$\gamma_1 u_z + \gamma_0 u\big|_{\mu} = \varphi,$$

где $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$, $j = \overline{0,1}$ – некоторые постоянные, которые задают вид граничных условий и характер измеряемой информации;

μ – множество точек, в которых производятся измерения.

О скорости $C(z)$ предполагается, что $C(z) = C_0 + C_1(z)$, причем C_0 = const известно и $C_0 >> |C_1|$. В этом случае естественно рассматривать линеаризованную постановку задачи.

Возможны следующие варианты граничных условий:

1. Случай всего пространства без учета граничных условий;

2. $(\alpha_0 = 1, \beta_0 = 0)$ – граничное условие Неймана;

3. $(\alpha_0 = 0, \beta_0 = 1)$ – граничное условие Дирихле.

Правая часть уравнения (1) представляется в виде $f(x,t) = m\delta(x - x^0) f(t)$, где m = const, $f(t)$ задает режим колебаний в источнике. Решив следующее интегральное уравнение

$$\int_0^t f(t-\tau)\psi(\tau)d\tau = \psi_f(t), \qquad (2)$$

где $\psi(t)$ – рассеянная на неоднородностях среды волна;

$\psi_f(t)$ – сейсмограмма, сведем правую часть к специальному виду:

$$f(x,t) = m\delta(x - x^0)\delta(t).$$

Далее будем работать с такой функций $f(x,t)$. Поле u считается известным в точке x^1, т.е. $\gamma_1 = 0, \gamma_0 = 1$, $\mu = \{x,t \mid x = x^1, t \in [0,T]\}$, источник и приемник располагаются в начале системы координат, $C_1(z) \equiv 0$ при $z \le 0$, $C_1'(0) = 0$.

В первом варианте имеем:

$$C_1\left(\frac{C_0 t}{z}\right) = -2C_0 \int_0^t (2t-\tau)\psi(\tau)d\tau. \qquad (3)$$

Во втором варианте, используя четное продолжение поля, показателя преломления $n = C^{-1}$ и f в полупространство $z < 0$, приходим снова к задаче Коши во всем пространстве с источником, состоящим из суммы двух дельта-функций. Получаем фор-

мулу, аналогичную (3), отличающуюся только множителем 4 перед интегралом.

Третий вариант существенно отличается от двух первых. В этом случае формула для $C_1(z)$ выглядит следующим образом:

$$C_1(\frac{C_0 t}{z}) = 2C_0^3 \int_0^t K(t,s)\psi(s)ds,$$

$$K(t,s) = \frac{t^3}{3} - \frac{t^2 s}{2} + \frac{1}{6}s^3.$$

Поскольку при численном решении обратной задачи приходится $\psi(t)$ определять по $\psi_f(t)$ из уравнения (2), то характер некорректности исследуемой задачи зависит от поведения функции *f* в нуле. Если

а) $f(0) \neq 0$, то неустойчивость такая же, как при вычислении первой производной;

б) $f(0) = 0$, $f'(0) \neq 0$, то некорректность, как при вычислении второй производной.

Однако следует отметить, что при получении формул обращения в 1 и 2 вариантах использовалась операция однократного интегрирования. Задача при условии (а) корректна в пространстве непрерывных функций или некорректна, как задача дифференцирования при условии (б), в 3 варианте задача корректна и при условии (а), и при условии (б).

Результаты вычислений

На рис. 1 приведены результаты расчетов в случае граничных условий Неймана, $f(t) = \sin 5t \cdot e^{-5t}$. Шум вводился пропорционально локальному значению зашумляемой величины с помощью генератора псевдослучайных чисел, распределенных по нормальному закону. Регуляризация осуществлялась проведением низкочастотной фильтрации правой части. Поведение

C_1 носит синусоидальный характер. На рис. 2 аналогичные результаты для обратной задачи с граничными условиями Дирихле. Как и следовало ожидать, с условиями Дирихле обратная задача решается значительно устойчивее, это объясняется тем, что операция интегрирования при выводе формулы обращения в данном случае использовалась три раза.

Изложенные в статье результаты являются развитием работы [2], в которой была получена формула обращения для всего пространства и представляет значение при исследованиях, связанных с проблематикой акустической томографии океана.

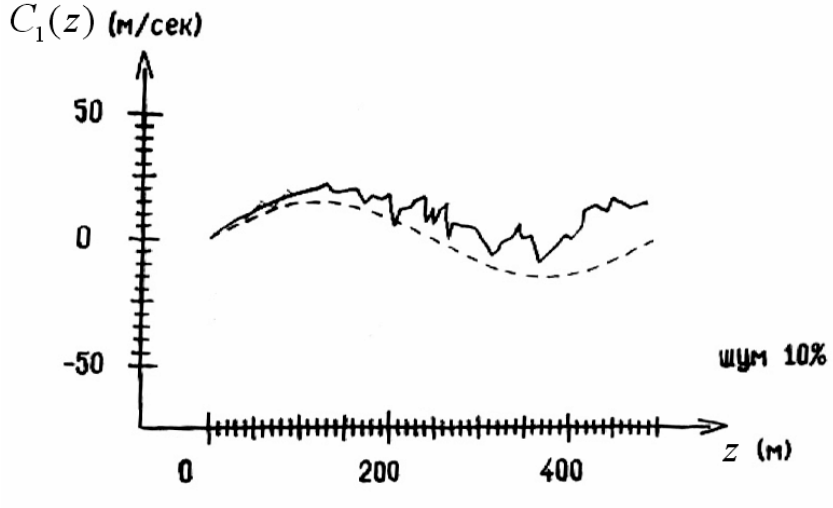


Рис. 1. Вертикальный профиль скорости звука (волновод):
– – – – – точное решение
———— результат решения обратной задачи

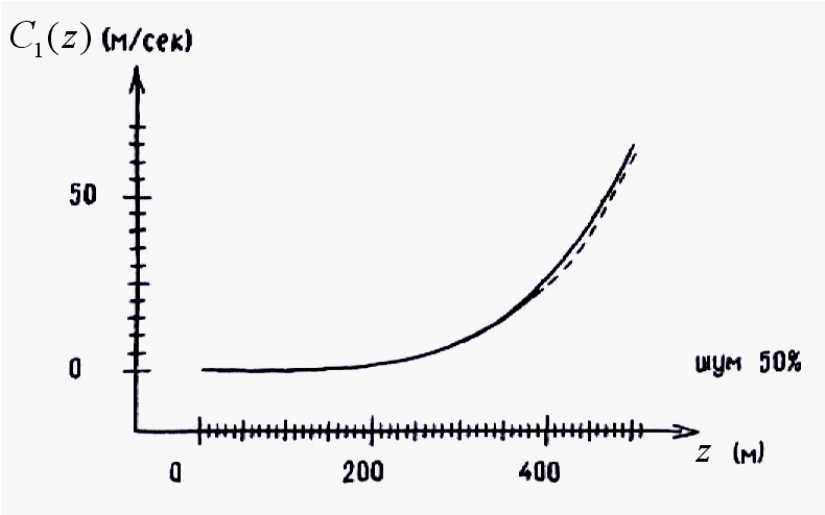


Рис. 2. Вертикальный профиль скорости звука (волновод):
– – – – – точное решение
———— результат решения обратной задачи

Список литературы

1. *Лаврентьев М. М.* Модели среды и задачи интерпретации геофизических данных / М. М. Лаврентьев // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2003. – № 4. – С. 411–413.
2. *Добринский В. И.* Способ определения профиля скорости звука по записи акустического поля в одной точке / В. И. Добринский, М. М. Лаврентьев // Распространение акустических волн. – Владивосток, 1978.

УДК 519.642

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМА ДВУМЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ НЕПОЛНОТЕ ПРОЕКЦИОННЫХ ДАННЫХ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА УГОЛ СКАНИРОВАНИЯ

Н.В. Важенцева*

Используя аналог теоремы Пэли-Винера для n-мерного преобразования Радона, разработан новый алгоритм томографической реконструкции для восстановления проекций в отсутствующих направлениях для задачи с ограниченным диапазоном углов сканирования. Алгоритм позволяет улучшить качество реконструкции двумерного объекта в условиях снятия неполных проекционных данных.

В различных областях науки и техники ставится задача восстановления изображений объекта исследования по проекциионным данным в условиях томографического эксперимента. В настоящее время методы компьютерной томографии широко используются в медицинской диагностике, в электронной и рентгеновской микроскопии – для получения структуры кристаллов и макромолекул, в геофизике – для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, в том числе и для мониторинга эксплуатируемых месторождений, в астрофизике – для исследования полей планет, в строительстве – для контроля конструкций с целью определения целостности материала, поиска инородных включений, полостей, расслоений и трещин [1, 2, 3].

В условиях ограниченного угла обзора объекта возникает фундаментальная проблема реконструкции по неполным проекционным данным. Кроме того, неполнота проекционных данных возникает при диагностировании дефектов типа тонких, протяженных трещин, отслоений, поверхностей склеивания и тому подобных. В случаях, когда такой дефект является невидимым для нормальных к его простиранию лучей, информативными

* Аспирант кафедры прикладной математики НГАСУ (Сибстрин)

будут только тангенциальные, т.е. лучи имеющие достаточный путь по дефекту. Такой дефект моделируется в настоящей работе. Для фантомов более простой структуры результаты представлены в работе [4]. В настоящее время нет общих алгоритмов и методик по решению задач томографии с неполными данными.

Алгоритм, решающий исследуемую задачу, основан на условии Кавальери для n-мерного преобразования Радона (также известного как аналог теоремы Пэли-Винера). Эта теорема позволяет получить произвольный момент одномерного сечения преобразования Радона, если это преобразование известно при конечном числе углов. С практической точки зрения это означает, что возможна оценка моментов проекций в тех направлениях, где они неизвестны, по имеющимся данным в ограниченном диапазоне углов [5].

Обозначим через $M_k(\varphi)$ момент *k*-го порядка от проекции

$$M_k(\varphi) = \int_{-\infty}^{+\infty} f\left(\vec{n}(\varphi), p\right) p^k dp \,. \qquad (1)$$

Согласно условию Кавальери, все $M_k(\varphi)$ являются однородными многочленами степени k от компонент $\vec{n}$:

$$M_k(\varphi) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^l(\varphi) \sin^{k-l}(\varphi). \qquad (2)$$

Причем коэффициенты a_{lk} не зависят от угла φ.

Пусть измерено $N + 1$ проекций в диапазоне углов $[0, \varphi_0]$ с равномерным шагом $\Delta\varphi$ по углу. Обозначим через N_1 целую часть числа $(2\pi - \varphi_0)/\Delta\varphi$. На первом шаге алгоритма для каждой известной проекции вычисляются моменты от 1-го до *K*-го порядка включительно. Найденные моменты подставляются в формулу (2), получается *N* систем линейных уравнений вида:

$$\begin{cases} M_k(0) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^l(0) \sin^{k-l}(0) \\ M_k(\Delta\varphi) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^l(\Delta\varphi) \sin^{k-l}(\Delta\varphi) \\ M_k(2\Delta\varphi) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^l(2\Delta\varphi) \sin^{k-l}(2\Delta\varphi) \\ \vdots \\ M_k(N\Delta\varphi) = \sum_{l=0}^{k} a_{lk} \cos^l(N\Delta\varphi) \sin^{k-l}(N\Delta\varphi) \end{cases} . \quad (3)$$

Каждая из систем (3) содержит N + 1 уравнений и $k+1$ неизвестных. Полученные системы решались методом наименьших квадратов.

На следующем шаге по формуле (2) с использованием полученных коэффициентов a_{lk} вычисляются моменты с 1-го до K-го порядка для N_1 неизвестных проекций: $M_k(i\Delta\varphi)$, $i = N+1, N+2, \ldots N+N_1$. (Моменты нулевого порядка для всех проекций одинаковы.)

Представим интеграл (1) в виде конечной суммы:

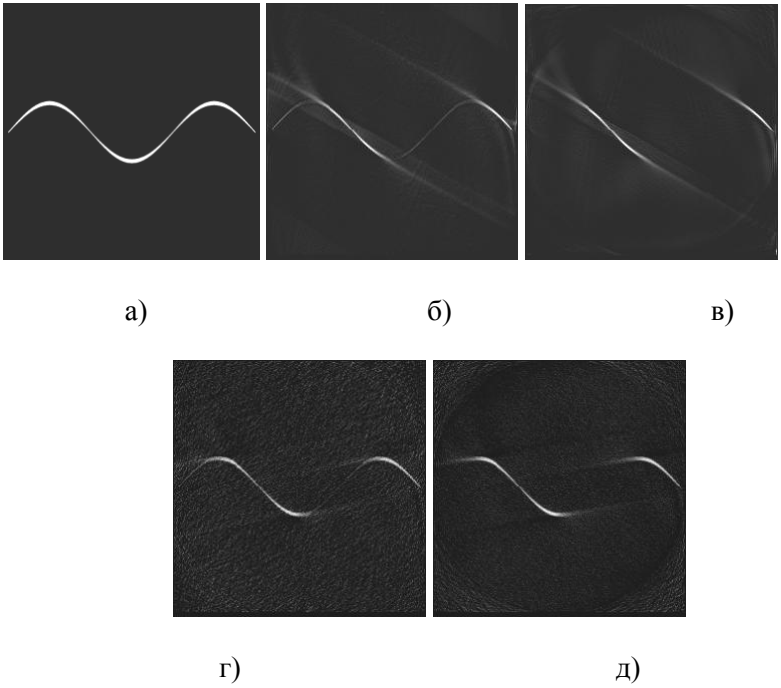
$$M_k(\varphi) = h \sum_{j=-J/2}^{J/2} f(\varphi, jh)(jh)^k , \quad (4)$$

где h – шаг равномерной сетки, на которой заданы проекции.

Выражение (4) представляет собой систему линейных уравнений для определения значений неизвестных проекций в узлах сетки. Данная система решалась алгоритмом ART.

На последнем этапе алгоритма производится томографическая реконструкция методом ART по набору из $N + N_1 + 1$ одномерных проекций; N+1 из них известно в результате измерений, а N_1 получено путем описанной выше процедуры.

Для томографической реконструкции использовался математический фантом, изображенный на рис. 1 *а*. Данный фантом приближает ситуацию при диагностике трещин и отслоений, в плане сокращения информативных лучей в проекциях, обусловленного относительно малым «раскрытием» дефектов в сравнении с томографируемым пространством.



а) б) в)

г) д)

Рис. 1. а – математический фантом; б–д – восстановленные томограммы; б, г – предлагаемый метод; в, д – алгоритм ART

В качестве меры близости восстановленного изображения к истинному использовалась нормированная среднеквадратичная ошибка:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(f_i^0 - f_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(f_i^0\right)^2}} \cdot 100\,\%,$$

где f_i^0 и f_i – значения математического фантома и томограммы в i-ом узле соответственно.

Примеры получаемых томограмм приведены на рис. 1 *б*, *в*, *г*, *д*. Количество проекций – 256. На рис. 1 *б*, *в* шум в проекционных данных отсутствует, величина угла φ_0 – 60º. На рис. 4 *г*, *д* шум составляет 5 % от максимального значения проекции, величина угла φ_0 – 100º.

На рис. 2 даны зависимости среднеквадратичной ошибки Δ от корня из дисперсии случайного шума σ. Величина σ приведена в процентах от максимального значения проекции. Количество проекций составляет 128.

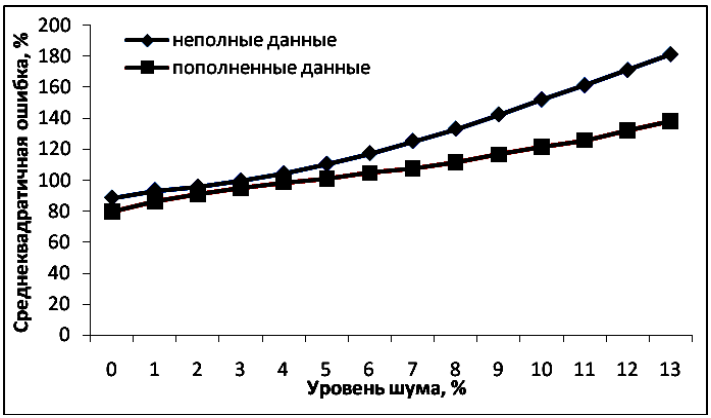


Рис. 2. Зависимости среднеквадратичной ошибки томографической реконструкции от уровня шумов в проекционных данных

На рис. 3 представлены зависимости ошибки Δ от величины угла φ_0.

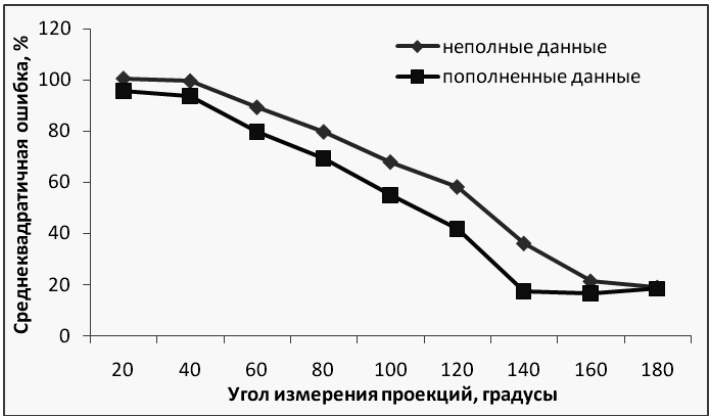


Рис. 3. Зависимости среднеквадратичной ошибки томографической реконструкции от угла, в котором измеряются проекционные данные

Предложенный алгоритм томографической реконструкции позволяет с приемлемой точностью восстанавливать объект исследования по проекционным данным, известным только в ограниченном диапазоне углов сканирования.

Список литературы

1. *Филонин О. В.* Малоракурсная томография в неразрушающем контроле материалов и изделий / О. В. Филонин // Материалы Всероссийской научно-технической конференции по радиоэлектронике. – Самара, 2003. – С. 88–90.
2. *Артемьев В. М.* Рекуррентная реконструкция изображений в рентгеновской томографии / В. М. Артемьев, А. О. Наумов,

Г. Р. Тиллак // 15-я Московская научно-техническая конференция «Неразрушающий контроль и диагностика». – М., 1999.
3. *Арефьев М. Г.* Разработка алгоритма реконструкции томографического изображения для повышения точности определения дефектов и снижения затрат на проведение контроля / М. Г. Арефьев, Ю. А. Каксис, В. Я. Маклашевский // Контроль. Диагностика. – 1999. – JST 8. – С. 23–27.
4. *Важенцева Н. В.* Новый алгоритм двумерной томографии по неполным проекционным данным / Н. В. Важенцева // Тр. НГАСУ. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2011. – Т. 14, № 1 (50). – С. 134–142.
5. *Важенцева Н. В.* Новый метод повышения точности томографической реконструкции при ограниченном угле сканирования / Н. В. Важенцева, А. В. Лихачев // III Евразийский конгресс по медицинской физике и инженерии «Медицинская физика-2010». Сборник материалов. – Т. 1. – М. : Изд-во МГУ. – С. 30–32.

УДК 67.01.93

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ МОДУЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

М.В. Черепанова[*], Д.А. Дмитриев[**], А.А. Шабанова[***]

Проводится анализ характеристик традиционных временных зданий на строительной площадке в Новосибирской области, России и за рубежом, которые фактически морально и физически устарели и требуют эффективной замены. Также рассмотрены современные модульные здания, которые в настоящее время производятся на заводах облегченных конструкций. Сравнение характеристик традиционных и модульных зданий показало большое преимущество последних. В результате предложены для внедрения модульные здания, обеспечивающие высокие качественные условия труда и отдыха строительных рабочих.

В последнее время снова поднимается вопрос о необходимости повышения производительности труда, что определяется многими факторами.

Производимые исследования учеными различных направлений (особенно психологами, социологами, физиологами и др.), изучающими человека с точки зрения влияния на эффективность его труда различных факторов, считают особенно важным условия труда.

[*] Канд. техн. наук, профессор НГАСУ (Сибстрин)
[**] Студент НГАСУ (Сибстрин)
[***] Студент НГАСУ (Сибстрин)

Если в настоящее время условия труда управленческого персонала достаточно качественные, удовлетворяющие нормативам (современная оргтехника, комфортные помещения, в которых имеются холодильники, кулеры и т.д.), то условия рабочих, особенно строителей, далеки даже от минимальных нормативных.

Вместе с тем строительство, в отличие от любого другого вида производства, имеет специфические особенности: создание зданий и сооружений осуществляется каждый раз на новом месте (рабочие со своим инструментом, инвентарем и т.д. перебазируются с объекта на объект), работы в основном выполняются на открытом воздухе в течение года, в очень тяжелых условиях, так как все виды работ связаны с пылью, грязью, применением физической силы и т.д. Все это значительно усложняет организацию труда рабочих и отрицательно влияет на их производительность.

Вышеизложенное предполагает необходимость решения вопроса обеспечения рабочих-строителей на весь период строительства объекта (комплекса) полной номенклатурой временных зданий с качественными, комфортными условиями, соответствующими требованиям «Трудового кодекса».

Целью работы, результаты которой излагаются в данной статье, является выбор из всех возможных временных зданий максимально отвечающие требованиям следующих показателей-критериев: обеспечение определенных условий для рабочих на строительной площадке на время их технологических перерывов и отдыха, стоимость зданий, рациональные объемно-планировочные решения, минимальные затраты всех видов ресурсов на обеспечение их водой, электроэнергией, теплом.

Для этого были решены следующие задачи:

– анализ используемых в настоящее время временных зданий в России, за рубежом, в НСО и Новосибирске;

– анализ современных зданий и возможности их использования на стройках России и НСО.

Временные здания – это подсобно-вспомогательные и обслуживающие объекты, находящиеся на строительных площадках и необходимые для создания нормальных условий рабочим.

Они классифицируются по различным признакам: назначению, инвентарности, финансированию, объемно-планировочным и конструктивным решениям.

По назначению можно выделить следующие группы зданий: административные, санитарно-бытовые, жилые, общественные и производственные.

Инвентарные временные здания в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений и сроков использования на одном месте делятся на следующие типы: передвижные, контейнерные, сборно-разборные и надувные.

К передвижному типу относятся здания, имеющие ходовую часть, жестко соединенную с кузовом (автофургоны, железнодорожные вагоны), площадью до 25 м^2 (рис. 1).

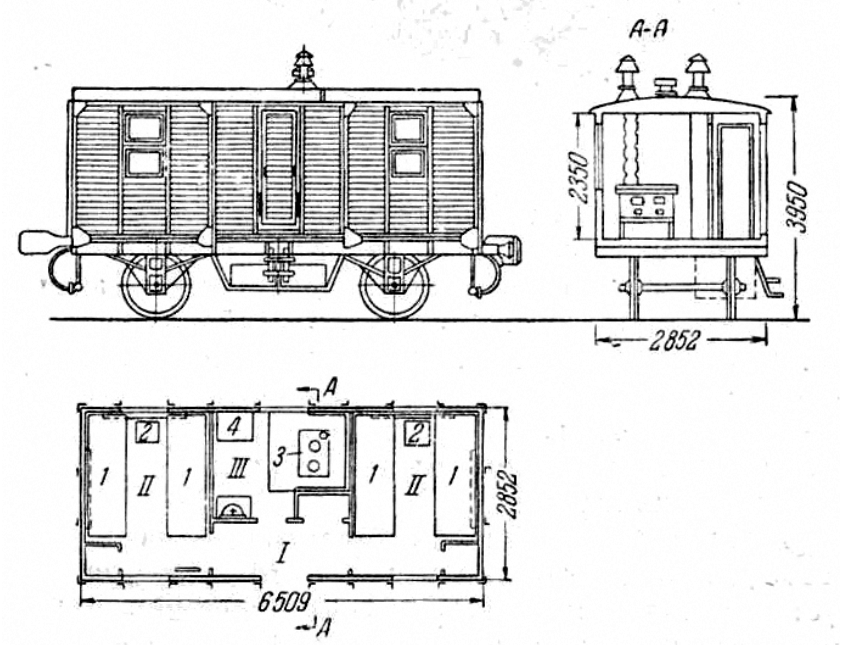


Рис. 1. Вагон-общежитие на 4 человека

Их достоинствами являются: большая маневренность, минимальные затраты времени, труда и средств на привязку на местах их работы (подключение к сетям или к источникам питания электроэнергией, теплом, водой, устройство подъездов и др.).

Недостаток – малая площадь (вместимость) и отсюда высокая стоимость 1 м^2 площади.

К контейнерному типу относятся здания с объемным решением (кузовом), которые не имеют собственной ходовой части и срок пребывания которых на одном месте не превышает 1–1,5 года. Жестко скрепленную ходовую часть заменяет либо одна инвентарная подкатная тележка, приписанная к определенному количеству контейнеров (3–6) для осуществления их перевозки, либо трайлер, либо салазки-полозья, крепящиеся к опорной раме контейнера и используемые при бездорожье и коротких внутрипостроечных перевозках.

Достоинства контейнеров аналогичны передвижным объектам, кроме того, они дешевле, так как в них отсутствует ходовая часть, которая составляет 20–40 % стоимости всего передвижного объекта.

Они могут быть выполнены отдельно стоящими или сблокированными между собой (рис. 2).

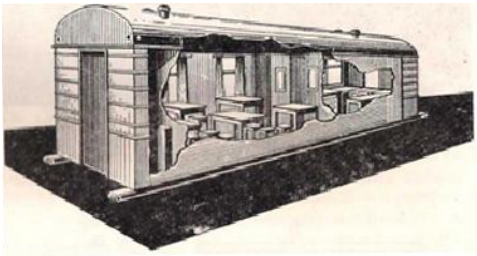


Рис. 2. Металлический контейнер-столовая

Сборно-разборные – это здания, которые перевозятся и монтируются отдельными конструктивными элементами; площадь зданий равна 110–1200 м^2 и используются на одном месте 1,5–3 года (рис. 3).

Достоинства: большие площади и относительно небольшая стоимость 1 м^2.

Недостатки: значительные затраты времени и труда на монтаж и демонтаж по сравнению с передвижными и контейнерными, а также большие объемы и стоимости работ по привязке зданий на месте.

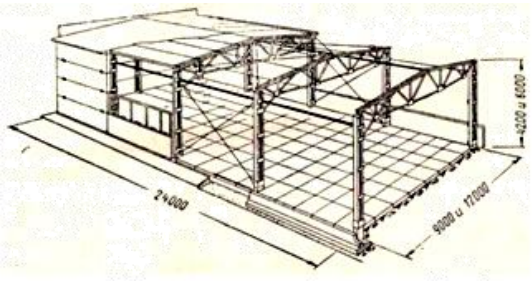


Рис. 3. Механическая мастерская сборно-разборного типа каркасно-панельной конструкции

К надувному типу относятся временные сооружения, у которых несущие и ограждающие конструкции выполнены из ткани или из пленки; необходимая форма сооружения создается и поддерживается сжатым воздухом.

Основное преимущество заключается в малом весе и объеме при транспортировании, а также в быстроте их возведения.

К недостаткам относятся дефицитность материалов оболочки, невозможность применять подвесной транспорт и полностью использовать внутренний объем, так как надувные сооружения решаются, как правило, в виде полуцилиндра, а также дорогая эксплуатация, особенно в зимних условиях.

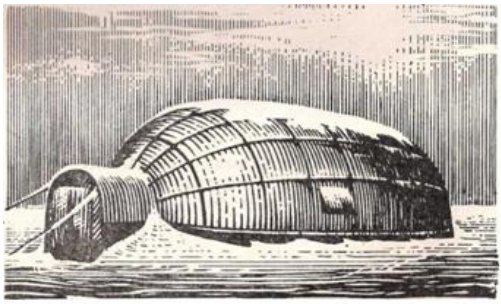


Рис. 4. Надувное бескаркасное сооружение со шлюзом

Все вышепредставленные временные здания являются традиционными и используются уже многие годы без изменений, в строительных организациях изношенность их составляет около 70 %.

К настоящему времени уже разработан новый тип облегченных зданий, которые могут эффективно использоваться и в качестве временных. Это так называемые модульные здания, которые представляют собой универсальные конструкции, основным несущим элементом которых является высокопрочный каркас. Модули собираются на заводе и доставляются на площадку в собранном виде. На площадке модули ставятся на фундаменты и стыкуются между собой. Такой способ позволяет существенно сократить время на монтажные работы за счет переноса большинства сборочных операций в цех. Примеры приведены на рис. 5, 6.

С технической точки зрения можно охарактеризовать модульные здания следующим образом.

Конструкция: каркас из швеллеров 10–12, трубы 40×40×3,0, уголок 63×63×2,0, деревянная обрешетка.

Внешняя отделка: оцинкованный профнастил 0,55 С10; 0,6 СН35, металлический лист 0,7.

Внутренняя отделка: ЛДСП, МДФ, ПВХ, фанера + линолеум.

Рис. 5. Модульное здание. Пример фасада

Рис. 6. Модуль бытовой для размещения 4 человек

Теплоизоляция: минеральная вата 150 мм.

Окно: 2-камерный стеклопакет 800×100, 5-камерный профиль, поворотно-откидное.

Дверь: ДВП + металлический лист.

Размеры от 4000×2450×2650 до 9000×3000×2650.

Внутренний интерьер зависит от назначения модуля (гардеробная, сушилка и т.п.)

Расчетный срок службы – 15 лет.

С технической точки зрения можно охарактеризовать модульные здания следующим образом.

Конструкция: каркас из швеллеров 10–12, трубы 40×40×3,0, уголок 63×63×2,0, деревянная обрешетка.

Внешняя отделка: оцинкованный профнастил 0,55 С10; 0,6 СН35, металлический лист 0,7.

Внутренняя отделка: ЛДСП, МДФ, ПВХ, фанера + линолеум.

Теплоизоляция: минеральная вата 150 мм.

Окно: 2-камерный стеклопакет 800×100, 5-камерный профиль, поворотно-откидное.

Дверь: ДВП + металлический лист.

Размеры от 4000×2450×2650 до 9000×3000×2650.

Внутренний интерьер зависит от назначения модуля (гардеробная, сушилка и т.п.)

Расчетный срок службы – 15 лет.

Анализ традиционных и современных (модульных) временных зданий показал, что последние имеют большие преимущества:

– обеспечивают в высокой степени комфортные условия отдыха и позволяют повысить производительность труда и эффективно использовать рабочее время;

– установка модульных зданий не требует специальной техники и рабочей силы;

– изготавливаются в максимальной заводской готовности – возводятся в короткие сроки;

– могут быть установлены на любой поверхности: бетонных плитах, щебеночном покрытии или непосредственно на грунте;

– оснащаются всеми необходимыми системами жизнеобеспечения, которые включают в себя: электротехнику, водоснабжение, канализацию, отопление, вентиляцию и т.п., а на площадке остается сделать вводы и выпуски временных коммуникаций.

Выводы

1. В настоящее время, как показал выполненный и вышеизложенный анализ, на строительной площадке используются в основном устаревшие морально и физически временные здания, предназначенные для создания условий регламентируемого отдыха (сушки одежды и т.д.) строительным рабочим.

2. В последние годы были созданы современные модульные здания и выпускаются уже существующими заводами облегченных конструкций. Модульные здания, выпускаемые этими заводами, могут быть использованы в качестве временных, и уже есть опыт их внедрения. Эффективность модульных зданий проявляется в том, что они обеспечивают качественные условия труда рабочих-строителей, в результате чего повышается производительность труда, сохраняется здоровье, а также снижаются расходы на временные коммуникации по площадке.

Список литературы

1. *Богушевич Е. Н.* Временные здания и сооружения в строительстве / Е. Н. Богушевич, И. В. Степанов. – М. : Изд-во лит-ры по строительству, 1970.
2. *Временные* здания компании Sprung с алюминиевым каркасом // Алюминий сегодня (США). – № 3. – 2003.
3. *Титаева А. В.* Временные здания и сооружения / А. В. Титаева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://titaeva.ru/ archive/articles/27htm
4. http://kerka.ru/catalog/legkie/16/
5. http://www.convice.ru/

УДК 69.003.13

ОЦЕНКА РЕФОРМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

В.Г. Голоскоков[*], **В.С. Матвеев**[**]

Излагается проблемность проведения реформы ценообразования в строительстве, неисполнение утвержденного и опубликованного Минрегионом России плана мероприятий. Приводится оценка профессионального сообщества внесенных изменений в сметно-нормативную базу и оценка состояния ценообразования в строительстве руководством страны. Авторы излагают направления совершенствования ценообразования в условиях работы саморегулируемых организаций.

18–19 марта 2008 г. состоялось Всероссийское совещание по вопросам реализации государственной политики в сфере ценообразования и сметного нормирования в строительстве, посвященное обсуждению концепции совершенствования и развития существующего порядка определения стоимости строительной продукции. 18 апреля 2008 г. на расширенном заседании коллегии Минрегиона России был утвержден план мероприятий на 2008 г. по нормативно-правовому регулированию градостроительной деятельности в сфере сметного нормирования и ценообразования в строительстве со сроком исполнения – декабрь 2008 г. Предусматривалась подготовка новых редакций ряда МДС, методических рекомендаций и целого ряда других документов, часть из которых не завершена до сих пор.

По вопросам ценообразования был принят целый пакет правовых документов:

– Об утверждении методики расчета показателей и применения нормативной эффективности региональных инвестиционных проектов (Приказ Минрегионразви-

[*] Канд. экон. наук, профессор НГАСУ (Сибстрин)
[**] Председатель Совета СРО НП МНОС «Сибирь»

тия России от 31 июля 2008 г. № 117).

- О порядке проведения проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения (Постановление Правительства РФ от 12 августа 2008 г. № 590).
- Об утверждении формы заключения о результатах проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения (Приказ Минрегионразвития России от 13 октября 2008 г. № 327).
- Об утверждении формы паспорта инвестиционного проекта, представляемого для проведения проверки инвестиционных проектов бюджета, направленных на капитальные вложения (Приказ Минрегионразвития России от 13 октября 2008 г. № 328).

Расширенная коллегия Минрегиона РФ от 24.04.2009 г. приняла расплывчатые безответственные лозунговые решения без сроков исполнения и представляющих выполнение своих обязанностей: обеспечить разработку…, разработать предложения…, подготовить предложения…, осуществить постоянную координацию…, обеспечить контроль…

Был проведен ряд мероприятий:

- 24.06.2009 г. Ассоциация строителей России обсудила информационно-аналитический доклад «О состоянии ценообразования в строительстве и антикризисных мерах в строительстве в области ценообразования»;
- в ноябре 2009 г. состояние ценообразования рассмотрено Союзом инженеров-сметчиков;
- в декабре 2009 г. Минрегионразвития рассмотрел и обсудил актуальные вопросы ценообразования.

Комиссия Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) 24 июня 2009 г. рассмотрела «Проблемы ценообразования и сметного нормирования в строительстве» и отметила, что при разработке программы работ по совершенст-

вованию системы ценообразования необходимо предусмотреть возможности саморегулируемых организаций к стимулированию создания стандартов предприятий и организовать широкое экспертное обсуждение разрабатываемых нормативов в области сметного нормирования.

Резолюция Всероссийского совещания региональных органов ценообразования в строительстве от 7–8 апреля 2010 г. (письмо ФЦЦС от 30.04.2010 г. № 431-11661/ОРУ) находится в стадии исполнения с прошедшими сроками.

Например, подготовить проект новой редакции МДС 81-35.2004 до 01 июля 2010 г., а она была в плане работ трехлетней давности – в 2008 г.

Рассмотрим мнения специалистов о необходимости проведения такой реформы и ее результатах.

В письме министру регионального развития РФ (от 10.04.2009 г.) специалисты-сметчики (всего около 550 подписей) отмечают, что выпуск новой сметно-нормативной базы был бы целесообразен в случае решения таких задач:

1) изменение базового уровня цен;

2) внесение в базу существенного количества новых нормативов в связи с применением в строительной отрасли новых современных строительных технологий и материалов;

3) учет 8-разрядной тарифной сетки оплаты труда.

Однако этих вопросов новая база не решает.

О ценообразовании в строительстве был сделан депутатский запрос председателю правительства РФ В.В. Путину от 09.12.2009 г. Отмечалось, что работа, проводимая ФГУ ФЦЦС по внесению изменений в сметную базу, носит исключительно косметический характер и не делает определение сметной стоимости ни точнее, ни прозрачнее.

Независимым экспертом, уполномоченным на проведение экспертизы на коррупционность, было подтверждено безосновательное завышение сметной стоимости при строительстве олимпийских объектов (16.02.2010 г.), о чем было доложено председателю правительства РФ В.В. Путину.

Российский союз промышленников и предпринимателей направил 19 марта 2010 г. письмо председателю правительства РФ В.В. Путину с предложением создать в структуре правительства Экспертно-консультационный совет, осуществляющий деятельность в сфере совершенствования сметных нормативов, и такой совет был создан.

В марте 2010 г. председатель правительства РФ В.В. Путин рассмотрел вопрос, посвященный анализу причин неудовлетворительного состояния ценообразования в строительстве. Премьер-министр потребовал от своего заместителя Д. Козака «еще раз самым внимательным образом проанализировать происходящие в этой сфере процессы», добиться «снижения стоимости строительства и в срочном порядке наказать виновных в таком положении дел». Свое внимание к этому вопросу премьер объяснил тем, что сейчас ведется несколько «сверхкрупных государственных строек»: объекты Олимпиады в Сочи, к саммиту АТЭС во Владивостоке, Всемирной студенческой универсиаде в Казани и др. Однако выясняется, что «стоимость российских строек намного выше, чем у наших соседей в Европе». При том, что «и заработная плата у нас ниже, и материалы дешевле, и электроэнергия дешевле». Премьер напомнил о недавней реформе ценообразования в строительстве. (Было принято Постановление правительства № 427 от 18 мая 2009 г. «О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета».) Он выразил крайнее недоумение по поводу полученного результата: «некоторые принципы ценообразования были изменены, но какой результат? Результат, обратный ожиданиям! Цены выросли!» И еще раз подчеркнул, что принципы ценообразования должны приводить «не к повышению, а к понижению стоимости и сокращению бюджетных расходов».

В конце марта 2010 г. вице-премьер правительства РФ Д. Козак огласил итоги проведенного им анализа состояния ценообразования в строительстве. Из 85 регионов только 14 при-

вели действующую территориальную сметно-нормативную базу в соответствие с редакцией 2009 г., представляющую собой «… тупо переписанные нормативы 2001 г.».

На совещании 5 апреля 2010 г. президент Д. Медведев заявил о необходимости снижения стоимости строительства дорог и расходов по их содержанию. Были даны поручения правительству РФ на необходимость «обеспечить обновление норм и правил, применяемых при проектировании и строительстве объектов транспортной инфраструктуры, а также совершенствовании системы ценообразования в данной сфере». Полный переход на современную систему норм и правил осуществить с 1 января 2011 г.

Зампредседателя правительства РФ Д. Козак в поручении Минрегиону РФ и Минэкономразвития РФ от 06.04.2010 г. указал, что с учетом изложенных фактов и материалов принятые правительством РФ решения о реформировании системы ценообразования в строительстве находятся в зоне риска.

Президент Ассоциации строителей России (АСР) Н. Кошман отмечает, что «уже два года проводится объявленная реформа ценообразования в строительстве. Вопросы сметного нормирования стоимости строительства находятся в центре внимания первых руководителей государства. Почему в реальности так мало меняется и стоимость аналоговых объектов в стране может отличаться в 2–5 раз»? Нужна ревизия в отрасли – правил игры и контроль.

Эксперты строительного рынка выступают против новой системы ценообразования в строительстве с главной претензией – непрозрачность предлагаемого документа, а также отсутствие его независимой экспертизы. Нормативы, предлагаемые ФГУ ФЦЦС, – 30–40-летней давности, отмечают оппоненты.

Такие слова, как «откат» и «раздутые сметы», у нас привычно ассоциируются с бюджетными стройками – убежден президент Союза инженеров-сметчиков П. Горячкин.

Реформа системы ценообразования в строительстве не оправдала надежд, отмечает профессор Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета Н. Барановская. Система ценообразования в строительстве стала абсолютно непрозрачной – заявила гендиректор Московского центра ценообразования в строительстве «Мосстройцены» Л. Подгорная.

Анализируя методы руководства ценообразования в строительстве, директор Воронежского РЦЦС, д-р экон. наук, профессор В. Дорожкин отмечает, что администрирование не заменяет профессионализма.

В августе 2010 г. ректор МГСУ В. Теличенко отмечал: «Организация работ на наших стройплощадках порой находится на первобытном уровне. … многие годы мы не развивали ценообразование, систему оплаты труда, нормотворчество, организационно-технологическую документацию».

Таким образом, профессиональное сообщество сметчиков отрицательно восприняло проводимую реформу ценообразования в строительстве. Как неудовлетворительную по результатам ее оценило и руководство страны.

Направления совершенствования ценообразования в условиях саморегулируемых организаций.

В нынешнем состоянии вопросов ценообразования в строительстве предстоит решать комплекс проблем. Применяются устаревшие нормы и расценки, отсутствуют новые технологии и материалы, что зачастую приводит к увеличению стоимости и вызывает сомнение в достоверности ее определения. Минрегионом России предлагается введение новых видов укрупненных показателей стоимости – нормативы цены строительства и нормативы цены конструктивных решений. Предполагается ввести институт государственных и негосударственных экспертов и разработать порядок определения начальной (максимальной) цены строительства с понятием «расчетная минимальная цена контракта», создать систему мониторинга цен на строительные ресурсы.

Для проводимой реформы ценообразования в условиях работы СРО необходима разработка и реализация таких направлений, как:

- методическое единство определения потребности в ресурсах;
- равноправие участников и взаимное согласие сторон в договорном процессе;
- адекватное отражение в новых сметных нормах достигнутого технологического организационного уровня;
- стать доказательной основой формирования «справедливых цен» на региональном рынке;
- применение сметно-нормативной базы для решения всего комплекса управления стоимостью;
- постоянное дополнение действующей нормативной базы новыми сметными нормативами.

Учет в сметно-нормативной базе инновационных технологий наиболее прогрессивных технических и технологических решений, обеспечивающих повышение эксплуатационных свойств зданий, снижение стоимости и сроков строительства.

Участие в создании банка данных стоимости построенных объектов и в разработке укрупненных сметных нормативов.

Построение системы нормирования и ценообразования в системе СРО, по нашему мнению, должно осуществляться на принципах:

- *достоверности* – учет всех ценообразующих факторов и их постоянная актуализация;
- *обоснованности* новых норм – на основе разрабатываемых технологических карт и хронометражных процессов;
- *комплектности* в объеме, достаточном для выполнения поставленных задач.

Формированию «справедливых цен» на рынке недвижимости должна содействовать открытая публикация фактических показателей финансовых результатов, построенных и отремонтированных объектов на основе отчетных данных Минрегион-

развития РФ. Именно такие данные должны стать доказательной основой формирования «справедливых цен» на региональном рынке.

Считаем целесообразным активное проведение реформ в строительном ценообразовании в кратчайшие сроки совместными усилиями Минрегиона России, национальных объединений саморегулируемых организаций строителей и проектировщиков и региональных органов ценообразования.

С участием СРО должен быть создан устойчивый мониторинг цен на первичном и вторичном рынках региональной недвижимости, способствующей формированию наиболее справедливой цены, исключающей на рынке жилья чрезмерные аппетиты завышения стоимости.

УДК 621.542.001

ВЛИЯНИЕ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ПОГРУЖЕНИЯ ТРУБЫ ВИБРОУДАРНЫМ СПОСОБОМ

В.П. Гилета[*], Ю.В. Ванаг[**]

Рассматривается горизонтальное перемещение в грунте системы «пневмоударное устройство – труба», к которой приложены статическое усилие в направлении движения и внешние силы сопротивления. Математическое моделирование позволило оценить влияние внешних и внутренних факторов на скорость виброперемещения системы.

В нашей стране и за рубежом идет интенсивное устройство подземных коммуникаций для прокладки кабелей, канализаций, газо-, нефте- и водопроводов и т.д. Это связано с процессами урбанизации жизненного уклада, с минимальным нарушением экологии, с сокращением сроков и увеличением безопасности производства строительных работ. Для получения скважин диаметром до 400 мм достаточно широко используются метод виброударного прокола, при котором погружение (забивание) стальной трубы в грунт производится пневмоударным устройством, причем скважина образуется за счет уплотнения грунта.

Импульсные пневмоударные устройства являются автоколебательными, в которых происходит самогенерирование колебательных процессов [1–3]. В процессе погружения «пневмоударное устройство – труба» представляют собой единую колебательную систему. Задачи о взаимодействии источника возбу-

[*] Д-р техн. наук, профессор НГТУ (Новосибирск)
[**] Ассистент НГТУ (Новосибирск)

ждения (генератора) с колебательной системой весьма сложны и обусловлены особенностями нелинейных колебаний с разрывными условиями движения. Направленное виброперемещение механической системы с внутренним генератором вынуждающих усилий и особенности работы самого генератора исследованы слабо. Это объясняется тем, что аналитические решения моделей таких систем весьма сложны. В известных работах [1, 4–6] движение колебательной системы рассматривалось под действием заданных внешних сил и сил сопротивления среды, т.е. в динамическую модель системы не включалась модель генератора вынуждающих усилий. Такой подход к исследованию автоколебательных систем неприемлем, так как колебательные процессы в них обусловлены и зависят от движения элементов самой системы.

Существенное влияние на скорость движения системы «пневмоударное устройство – труба» оказывают силы сопротивления грунта [1, 4], которые можно разделить на силы бокового и лобового сопротивления. При виброударном проколе специальная конструкция передней части погружаемой трубы обеспечивает при неизменных условиях проходки постоянство сил сопротивления [7]. Важнейшим фактором, снижающим скорость перемещения системы, является сила отдачи, формируемая в генераторе вынуждающих усилий и действующая в направлении, противоположном требуемому перемещению системы. При виброударном проколе для компенсации сил сопротивления грунта и силы отдачи пневмоударного генератора можно к системе прикладывать внешнюю статическую нагрузку в направлении перемещения.

Целью исследований было изучение совместного влияния всех внешних и внутренних сил на скорость виброперемещения системы «пневмоударное устройство – труба».

Рассматриваемая система представлена моделью (рис. 1*а*), в которой m_1 является массой ударника, m_2 – объединенной массой трубы и корпуса пневмоударного устройства. К системе приложены внешние силы: статическое усилие Q и силы сопротивления $F_{\text{Т}}$ и $F_{\text{Л}}$, первая из которых является силой бокового

трения, вторая – лобового сопротивления. На массы m_1 и m_2 системы действуют внутренние активные силы F_1 и F_2 (рис. 1*б*, *в*). При этом сила F_1 является вынуждающей и имеет периодический характер, сила F_2 – восстанавливающей и не зависит от времени. Время t_a действия вынуждающей силы зависит от взаимного положения масс $L = x_2 - x_1$. Такое управление вынуждающей силой свойственно автоколебательным системам.

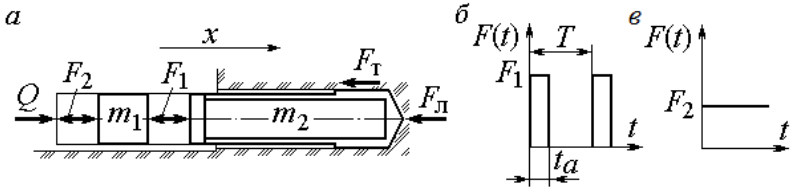


Рис. 1. Погружение трубы методом виброударного прокола:
а – расчетная модель; *б*, *в* – вынуждающая
и восстанавливающая силы

На рис. 2 изображена импульсная диаграмма внутренних активных сил F_1 и F_2 и внешних сил Q, $F_Т$ и $F_Л$, действующих на массы системы в течение одного цикла колебаний. В процессе соударения в системе формируются предударные J и послеударные J' импульсы.

Совокупность параметров, характеризующих систему, включает: $\mu = m_1/m_2$, $\alpha = F_2/F_1$, $\beta = F_Т/F_1$, $\gamma = Q/F_1$, $\varphi = F_Л/F_1$, T – период колебания, k – коэффициент восстановления скорости удара, J – предударные импульсы, J' – послеударные импульсы, J_c – импульс системы.

В работе использованы безразмерные соотношения $\tilde{a} = A/A_e$, где $\tilde{a}$ и A –безразмерный и размерный параметры соответственно; A_e – единица размерности. В качестве размерных единиц приняты: $m_e = m_1$; $t_e = T$; $L_e = F_e\, t_e{}^2/m_e$; $J_e = F_e\, t_e$; $F_e = F_2$.

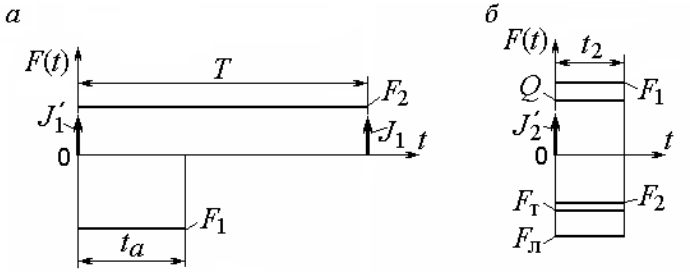


Рис. 2. Импульсные диаграммы:
а – для массы m_1; *б* – для массы m_2

Перемещения масс за цикл колебаний:

$$x_{1|t=T} = J_1' - \frac{t_a}{\alpha}\left(1 - \frac{t_a}{2}\right) + \frac{1}{2};$$

$$x_{2|t=t_2} = \mu\left(J_2' t_2 + \frac{\rho}{\alpha}\frac{t_2^2}{2}\right),$$

где $\rho = (1 + \gamma - \alpha - \beta - \varphi)$.

Установившееся движение обеспечивается при равенстве перемещений масс m_1 и m_2 за период колебаний, т.е. $x_2 - x_1 = 0$. Отсюда

$$t_a = A_1 - \sqrt{A_1^2 - B_1}\,,$$

где $A_1 = \left(\frac{\alpha\cdot\mu}{1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi} + \frac{\mu - k}{1+\mu} + 1\right)\cdot\frac{1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi}{\left(\mu+1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi\right)};$

$$B_1 = \left(\frac{\alpha\cdot\mu}{2\left(1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi\right)} + \frac{\mu-k}{1+\mu} + \frac{1}{2}\right)\cdot\frac{2\cdot\alpha\cdot\left(1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi\right)}{\left(\mu+1+\gamma-\alpha-\beta-\varphi\right)}.$$

Результаты расчета показаны на рис. 3*.

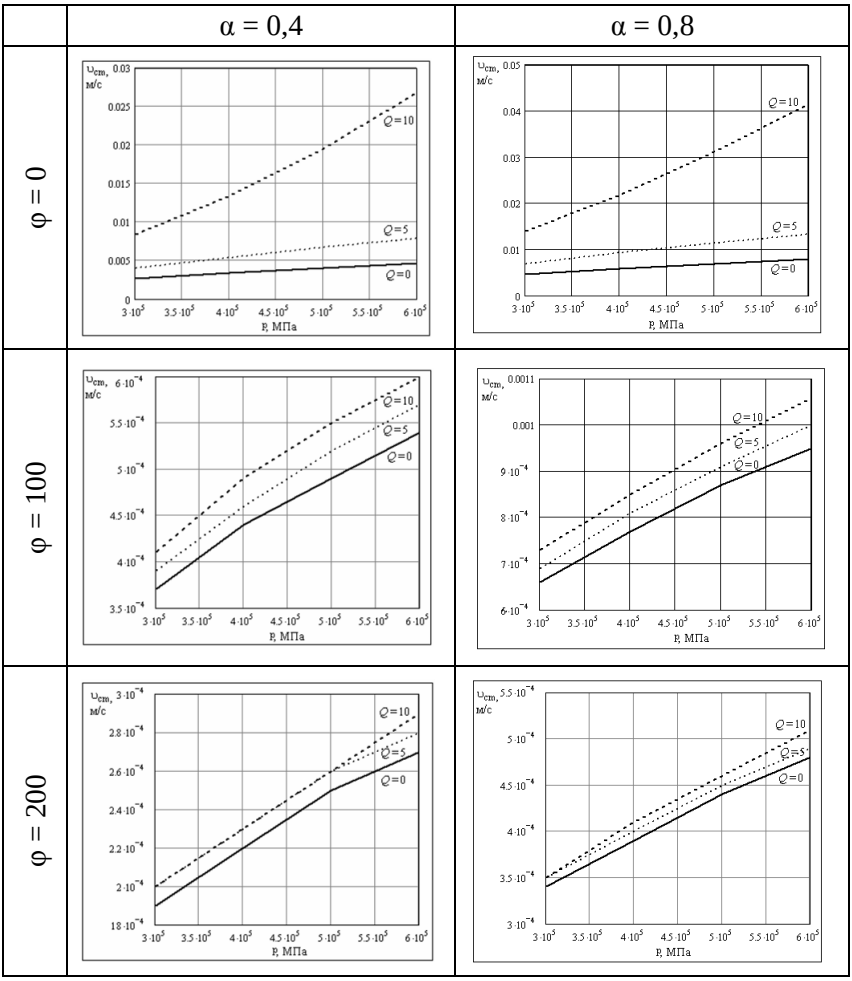


Рис. 3. Зависимость скорости движения центра масс от внешних и внутренних факторов системы

* При настройке системы в качестве исходных использованы параметры опытного пневмоударного устройства ДДД02: $m_1 = 4{,}42$ кг; $F_2 = 1{,}35$ кН; $L = 0{,}022$ м; $k = 0{,}45$.

Результаты сравнения расчетных колебательных процессов с реальными [7] для системы с автоколебательным генератором возбуждающих усилий (пневмопробойником) свидетельствуют об их адекватности и отражают особенности виброперемещения таких систем.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при выборе параметров колебательных систем должны учитываться внешние условия.

При прочих равных условиях приложение внешнего статического силового воздействия вызывает повышение скорости продвижения системы «пневмоударное устройство – труба».

Работа выполнена при поддержке гранта № 02.740.11.0819 ФЦП на 2009–2013 гг.

Список литературы

1. *Биргер И. А.* Прочность, устойчивость, колебания : справочник / под ред. И. А. Биргера, Я. Г. Пановко. – М. : Машиностроение, 1968. – Т. 3. – 464 с.
2. *Кобринский А. А.* Виброударные системы / А. А. Кобринский, А. Е. Кобринский. – М. : Наука, 1973. – С. 591.
3. *Пановко Я. Г.* Устойчивость и колебания упругих систем / Я. Г. Пановко, И. И. Губанова. – М. : Наука, 1987. – С. 352.
4. *Блехман И. И.* Вибрационное перемещение / И. И. Блехман, Г.Ю. Джанилидзе. – М. : Наука – 1987. – С. 401.
5. *Бабицкий В. И.* Теория виброударных систем / В. И. Бабицкий. – М. : Наука, 1973. – С. 352.
6. *Кершенбаум Н. Я.* Проходка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом / Н. Я. Кершенбаум, В. И. Минаев. – М. : Недра, 1984. – С. 245.
7. *Пневмопробойники* в строительном производстве / А. Д. Костылев [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1987. – С. 142.

УДК 624.016

СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ ФЕРМЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ю.В. Немировский[*], А.В. Ажермачев[**]

Работа выполнена по гранту РФФИ 110800186А

Дерево как конструкционный материал обладает целым спектром известных положительных качеств [5], которые позволяют рекомендовать его использование при проектировании ферменных конструкций. Синтез ферменных конструкций при одновременном использовании различных пород дерева позволяет получать множество эффективных проектов с точки зрения расхода материалов и стоимости проекта, повышения несущей способности и (или) жесткости проектируемых изделий [4, 6].

При этом следует принимать во внимание важнейшее свойство дерева – его разносопротивляемость при растяжении и сжатии [4]. Проектируемые изделия предполагается эксплуатировать практически при одинаковых условиях в течение длительного времени. А поскольку многочисленные эксперименты и наблюдения обнаруживают свойства существенной ползучести различных пород дерева при неизменных условиях нагружения [1, 2], то нет уверенности, что оптимальный (рациональный) проект, рассчитанный по условиям «мгновенного» нагружения, будет оставаться таким и по прошествии длительного времени. И данная работа нацелена на выяснение этого вопроса.

Анализ доступных литературных источников с подробным описанием длительных испытаний деформирования и разрушений различных пород древесины [1, 2, 3] показывает, что для каждой породы существует предельное напряжение (предел длительной прочности), выше которого за определенный про-

[*] Д-р физ.-мат. наук, профессор НГАСУ (Сибстрин)
[**] Ассистент НГАСУ (Сибстрин)

межуток времени происходит разрушение, а ниже – не происходит. Аппроксимации соответствующих кривых длительной прочности предлагается находить с помощью зависимостей [2]

$$\sigma = at^n; \quad \sigma = a\ln t + b; \quad \sigma = a + bt^{-c} \tag{1}$$

или [3]

$$\sigma = a + be^{-ct}, \tag{2}$$

где σ – напряжение;

t – время;

a, b, c, n – коэффициенты, определяемые на основе обработки экспериментальных данных.

Зависимости (1) следует признать неудачными, поскольку они не дают совпадения с «мгновенным» пределом прочности (при $t \to 0$) или с асимптотической нижней границей (при $t \to \infty$). Зависимость (2) является более подходящей, поскольку позволяет выполнить условия при $t \to 0$ и при $t \to \infty$. Учитывая свойство разносопротивляемости дерева при растяжении и сжатии, примем в дальнейшем зависимости пределов длительной прочности при растяжении (+) и сжатии (–) в форме

$$\sigma_*^{\pm} = a_{\pm} + b_{\pm} e^{-c_{\pm} t}, \tag{3}$$

где $a_{\pm}$, $b_{\pm}$, $c_{\pm}$ – коэффициенты, которые должны быть определены на основе имеющихся экспериментальных данных. Если из экспериментов известны асимптотические предельные значения $\sigma_{\infty *}^{\pm}$ и «мгновенные» пределы прочности $\sigma_{0*}^{\pm}$ для данной породы древесины, то в (3) следует принять

$$a_{\pm} = \sigma_{\infty *}^{\pm}; \quad b_{\pm} = \sigma_{0*}^{\pm} - \sigma_{\infty *}^{\pm}. \tag{4}$$

Значения $\sigma_{0*}^{\pm}$, $\sigma_{\infty *}^{\pm}$, $c_{\pm}$, полученные при обработке экспериментальных данных [1, 3] для разных пород деревьев, приведены в табл. 1. На рис. 1 показаны графики длительной прочности древесины сосны при растяжении и сжатии вдоль волокон.

Таблица 1

	σ^{+}_{0*}, кг/см^2	$\sigma^{+}_{\infty*}$, кг/см^2	c_{+}	σ^{-}_{0*}, кг/см^2	$\sigma^{-}_{\infty*}$, кг/см^2	c^{-}	Плотность, кг/м^3
Сосна	1115	559,9	1,108	760	335,6	1,308	500
Бук	1770	876,6	0,985	650	328,2	0,826	670
Дуб	–	–	–	728	434,5	2,112	690

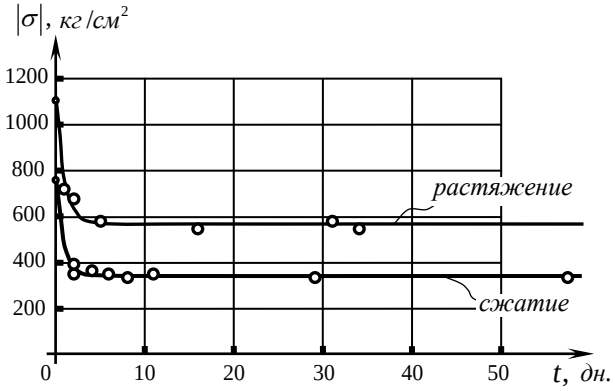


Рис. 1

Проект ферменной конструкции будем считать рациональным, если все ее стержни будут разрушаться после завершения одного и того же заданного срока эксплуатации, т.е. когда все стержни фермы будут равнопрочными. Тогда для любой пары стержней с номерами i и j напряжения в стержнях будут равны $\sigma^{\pm}_{*i}(t_*)$ и $\sigma^{\pm}_{*j}(t_*)$. Подобные решения задачи будут полезны в ситуациях, когда проектируемая ферменная конструкция должна играть роль: временных опор поддержки при технологических процессах монтажа сооружений; несущего элемента опалубки при возведении монолитных конструкций; элементов строительных лесов и подмостей и др.

Проекты, предназначенные для неограниченного времени эксплуатации $t = \infty$, будут рациональными, если напряжения в стержнях будут равны пределам долговременного сопротивления [1, 3] $\sigma^{\pm}_{\infty i}$ и $\sigma^{\pm}_{\infty j}$. В рамках традиционной постановки задачи расчета ферменных конструкций напряжения в стержнях фермы достигают уровней «мгновенных» пределов прочности [1, 3] $\sigma^{\pm}_{0i}$ и $\sigma^{\pm}_{0j}$.

В качестве примера рассмотрим ферменную конструкцию, представленную на рис. 2.

Координаты узлов: $A_1(0; y_1)$; $A_2(0; y_2)$; $A_3(x_3; y_3)$; $A_4(x_4; y_4)$; $A_5(x_5; y_5)$; $A_6(x_6; y_6)$; $A_7(x_7; 0)$.

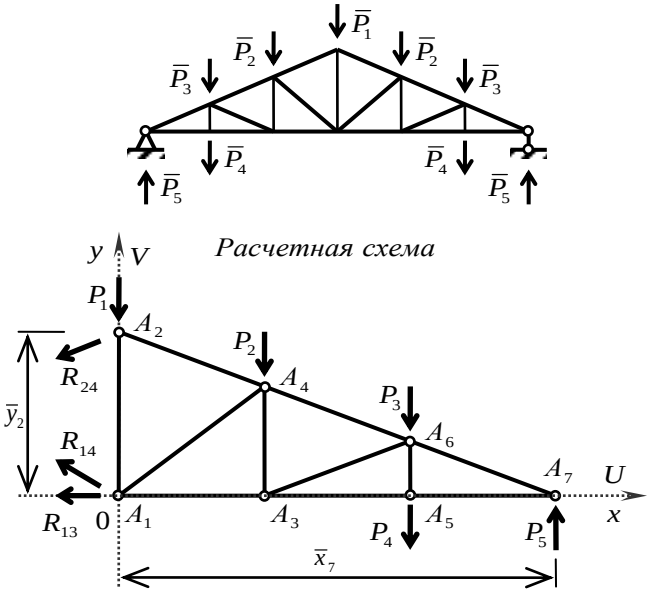


Рис. 2

Обозначим:

$$x_i = \frac{\overline{x}_i}{x_0};\ y_i = \frac{\overline{y}_i}{x_0};\ U_i = \frac{\overline{U}_i}{x_0};\ V_i = \frac{\overline{V}_i}{x_0};\ P_i = \frac{\overline{P}_i}{P_0};\ F_{km} = \frac{\overline{F}_{km}}{\overline{F}_0},$$

где $\overline{x}_i, \overline{y}_i$ – координаты *i*-го узла фермы;

$\overline{U}_i, \overline{V}_i$ – компоненты перемещения *i*-го узла фермы вдоль оси *x* и оси *y* соответственно;

x_0, P_0 – обезразмеривающие параметры;

F_{km}, ρ_{km} – площадь и плотность материала *km*-стержня фермы соответственно,

$\overline{F}_0$, $\overline{\rho}_0$ – площадь стержней и плотность материала эталонной фермы соответственно.

Вес фермы равен [6]:

$$B_0 = \overline{\rho}_0 \overline{F}_0 \sum \overline{l}_{km};\quad B = \sum \overline{l}_{km} \overline{F}_{km} \overline{\rho}_{km}. \qquad (5)$$

Определим безразмерную длину и направляющие косинусы стержней фермы:

$$l_{km} = \sqrt{\left(x_m - x_k\right)^2 + \left(y_m - y_k\right)^2};\ \beta_{km} = \frac{x_m - x_k}{l_{km}};\ \gamma_{km} = \frac{y_m - y_k}{l_{km}}.$$

Усилия в стержнях фермы определяются методом вырезания узлов.

Запишем выражения для определения усилий в стержнях фермы:

$$N_{12} = \frac{N_{24}\gamma_{24} + R_{24}\gamma_{R24} - P_1}{\gamma_{12}};$$

$$N_{13} = \frac{-N_{35}\left(\beta_{35}\gamma_{34} - \beta_{34}\gamma_{35}\right) - N_{36}\left(\beta_{36}\gamma_{34} - \beta_{34}\gamma_{36}\right)}{\left(\beta_{34}\gamma_{13} - \beta_{13}\gamma_{34}\right)};$$

$$N_{14} = \frac{N_{34}\left(\beta_{34}\gamma_{24} - \beta_{24}\gamma_{34}\right) - N_{46}\left(\beta_{46}\gamma_{24} - \beta_{24}\gamma_{46}\right) - P_2\beta_{24}}{\left(\beta_{24}\gamma_{14} - \beta_{14}\gamma_{24}\right)};$$

$$N_{24} = \frac{N_{46}\left(\beta_{46}\gamma_{14} - \beta_{14}\gamma_{46}\right) - N_{34}\left(\beta_{34}\gamma_{14} - \beta_{14}\gamma_{34}\right)}{\left(\beta_{24}\gamma_{14} - \beta_{14}\gamma_{24}\right)} + \frac{P_2\beta_{14}}{\left(\beta_{24}\gamma_{14} - \beta_{14}\gamma_{24}\right)};$$

$$N_{34} = -\frac{N_{35}\left(\beta_{35}\gamma_{13} - \beta_{13}\gamma_{35}\right)}{\left(\beta_{34}\gamma_{13} - \beta_{13}\gamma_{34}\right)} - \frac{N_{36}\left(\beta_{36}\gamma_{13} - \beta_{13}\gamma_{36}\right)}{\left(\beta_{34}\gamma_{13} - \beta_{13}\gamma_{34}\right)};$$

$$N_{35} = -\frac{N_{57}\left(\beta_{57}\gamma_{56} - \beta_{56}\gamma_{57}\right)}{\left(\beta_{56}\gamma_{35} - \beta_{35}\gamma_{56}\right)} - \frac{P_4\left(\beta_{P4}\gamma_{56} - \beta_{56}\gamma_{P4}\right)}{\left(\beta_{56}\gamma_{35} - \beta_{35}\gamma_{56}\right)};$$

$$N_{36} = \frac{N_{56}\left(\beta_{56}\gamma_{46} - \beta_{46}\gamma_{56}\right) - N_{67}\left(\beta_{67}\gamma_{46} - \beta_{46}\gamma_{67}\right) - P_3\beta_{46}}{\left(\beta_{46}\gamma_{36} - \beta_{36}\gamma_{46}\right)};$$

$$N_{46} = \frac{N_{67}\left(\beta_{67}\gamma_{36} - \beta_{36}\gamma_{67}\right) - N_{56}\left(\beta_{56}\gamma_{36} - \beta_{36}\gamma_{56}\right)}{\left(\beta_{46}\gamma_{36} - \beta_{36}\gamma_{46}\right)} + \frac{P_3\beta_{36}}{\left(\beta_{46}\gamma_{36} - \beta_{36}\gamma_{46}\right)};$$

$$N_{56} = \frac{-N_{57}\left(\beta_{57}\gamma_{35} - \beta_{35}\gamma_{57}\right) - P_4\left(\beta_{P4}\gamma_{35} - \beta_{35}\gamma_{P4}\right)}{\left(\beta_{56}\gamma_{35} - \beta_{35}\gamma_{56}\right)};$$

$$N_{57} = \frac{P_5\beta_{67}}{\left(\beta_{67}\gamma_{57} - \beta_{57}\gamma_{67}\right)}; \quad N_{67} = -\frac{P_5\beta_{57}}{\left(\beta_{67}\gamma_{57} - \beta_{57}\gamma_{67}\right)}.$$

Исходные данные: длина фермы – l = 9 м; высота фермы – $H = \frac{1}{4} l$; узловые нагрузки P_1 = 5 т, P_2 = 5 т, P_3 = 5 т, P_4 = 6,25 т, P_5 = 18,75 т.

Координаты узлов:

№ узла	1	2	3	4	5	6	7
$\overline{x}_i$	0	0	1/3 l	1/3 l	2/3 l	2/3 l	l
$\overline{y}_i$	0	H	0	2/3 H	0	1/3 H	0

Расчеты выполнены при следующей длительности нагружения t = 0, t = 2 дн., t = 4 дн., $t \geq 100$ дн. для трех групп материалов: 1 группа – все стержни фермы из сосны; 2 группа – растянутые стержни – бук, сжатые – сосна («+» – бук, «–» – сосна); 3 группа – растянутые стержни – бук, сжатые – дуб («+» – бук, «–» – дуб).

За эталонную конструкцию примем ферму, стержни которой изготовлены из сосны, площадь стержней одинакова и подобрана по наиболее нагруженному стержню. Вес эталонной фермы при напряжениях, соответствующих «мгновенным» пределам прочности (t = 0) равен B_{01} = 148,6 кг, площадь стержней равна $\overline{F}_{01}$ = 101,7 см^2, а при t = 4 дн., $t \geq 100$ дн. B_{02} = 334,3 кг, $\overline{F}_{02}$ = 228,8 см^2 и B_{03} = 336,6 кг, $\overline{F}_{03}$ = 230,3 см^2 соответственно.

Безразмерный вес проектируемых конструкций будем искать в виде:

$$\varepsilon_{sp} = \frac{B_{sp}}{B_{0s}} = \sum l_{km} F_{km} \rho_{km} , \qquad (6)$$

где s – длительность нагружения (s = 1, .., 4 при t = 0, t = 2 дн., t = 4 дн., $t \geq 100$ дн. соответственно);

p – номер группы материалов (p = 1, 2, 3).

В качестве второго примера проведены расчеты двух прямоугольных ферм с уклоном верхнего пояса, с различной топологией показанных на рис. 3. Первая ферма имеет растянутые раскосы, а вторая сжатые. Эталонная конструкция, а также условия расчета аналогичны выбранным в примере 1.

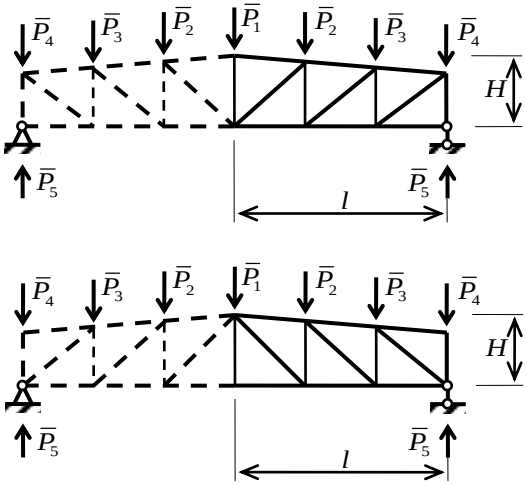


Рис. 3

Исходные данные: длина фермы – l = 9 м; высота фермы – $H = \frac{1}{4} l$; уклон верхнего пояса равен 0,075.

Узловые нагрузки: P_1 = 5 т, P_2 = 5 т, P_3 = 5 т, P_4 = 2,5 т, P_5 = 17,5 т.

Координаты узлов:

№ узла	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{x}_i$	0	0	1/3 l	1/3 l	2/3 l	l	l	l
$\bar{y}_i$	0	H	0	0,9 H	0	0,8 H	0	0,7 H

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вес ферменных конструкций, кг

	Треугольная ферма	Прямоугольная ферма растянутые раскосы	Прямоугольная ферма сжатые раскосы
1. t = 0 Эталонная ферма	149	72	71
1.1. (сосна)	73	33	30
1.2. («+» – бук, «–» – сосна)	69	31	29
1.3. («+» бук, «–» – дуб)	89	40	37
2. t = 2 Эталонная ферма	308	148,4	148,1
2.1. (сосна)	144	64	60
2.2. («+» – бук, «–» – сосна)	135	61	57
2.3. («+» – бук, «–» – дуб)	149	67	63
3. t = 4 Эталонная ферма	334	161,1	160,7
3.1. (сосна)	156	70	65
3.2. («+» –бук, «–» – сосна)	148	66	62
3.3. («+» – бук, «–» – дуб)	155	70	65
4. t ≥ 100 Эталонная ферма	337	162,2	161,8
4.1. (сосна)	158	71	66
4.2. («+» –бук, «–» – сосна)	150	67	63
4.3. («+» – бук, «–» – дуб)	156	70	66

Проведенные расчеты показывают, что учет специфических свойств древесины, таких как разносопротивляемость при растяжении-сжатии и длительная прочность, позволяют получить более рациональные проекты по весу ферменных конструкций в сравнении с традиционным подходом к расчету. Учет длительной прочности дает возможность запроектировать конструкцию на заданное временя эксплуатации, что существенно влияет на расход материалов. Также необходимо при выборе топологии ферменной конструкции принимать во внимание свойство разносопротивляемости древесины при растяжении-сжатии, это позволяет добиться экономии материалов.

Список литературы

1. *Белянкин Ф. П.* Длительное сопротивление дерева / Ф. П. Белянкин. – М. ; Л. : ОНТИ, 1934. – 39 с.
2. Леонтьев Н. Л. Длительное сопротивление древесины / Н. Л. Леонтьев. – М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1957. – 132 с.
3. *Белянкин Ф. П.* Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязко-пластичного тела / Ф. П. Белянкин, В. Ф. Яценко. – Киев : Изд-во АНУССР, 1957. – 200 с.
4. *Немировский Ю. В.* Расчет и рациональное проектирование деревянных стержневых элементов : сб. науч. трудов III Международной научно-технической конференции «Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте» / Ю. В. Немировский. – Самара, 2005. – С. 247 – 251.
5. *Конструкции* из дерева и пластмасс / Э. В. Филимонов [и др.]. – М. : Изд-во ассоциации строительных вузов, 2004. – 438 с.
6. Немировский Ю. В. Синтез плоских ферменных конструкций Доклад IV Всероссийского семинара «Проблемы оптимального проектирования» / Ю. В. Немировский. – Самара, 2005. – С. 247 – 251.

УДК 624.012.454

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

А.Н. Третьякова[*], А.А. Балакирев[**], А.М. Ханов[***]

Приведены результаты сравнения вариантов повышения несущей способности железобетонных балок, не имеющих доступа к растянутой поверхности, усилением боковых поверхностей тканью из углеродного волокна и углепластиковыми стержнями.

Преимущества усиления железобетонных балок тканью из углеродного волокна и углепластиковыми стержнями по сравнению с другими способами усиления заключается в высокой технологичности и возможности проведения работ по усилению без остановки производства. В последнее время популярность применения этого метода неуклонно возрастает, а с ней расширяется и область его использования. В рамках данного доклада рассмотрена ситуация, когда требуется увеличить несущую способность изгибаемого железобетонного элемента при отсутствии доступа к его растянутой поверхности, поэтому усиление проводят по боковой поверхности. Рассмотрены следующие варианты:

1. Усиление боковыми накладками из:

а) высокопрочной ткани из углеродного волокна Sika Wrap®-530 C/105 (модуль Юнга E = 240 ГПа);

б) высокомодульной ткани из углепластиковых волокон SikaWrap-400C HiMod NW (модуль Юнга E = 640 ГПа);

2. Усиление углепластиковыми стержнями MBRACE® MBAR (модуль Юнга E = 165 ГПа).

[*] Ассистент ПГТУ (Пермь)
[**] Канд. физ.-мат. наук, доцент ПГТУ (Пермь)
[***] Д-р техн. наук, профессор ПГТУ (Пермь)

Усиление по каждому варианту анализируется с позиции прочности на примере расчета усиления ригеля корпуса промышленного здания. Проектировочный расчет на несущую способность проводится в программном комплексе MathCAD.

1. Основные расчетные положения

Расчет выполняется по первой группе предельных состояний. Начальные деформации балки не учитываются, таким образом, рекомендуемое усиление идет в запас прочности. Прочность балки на действие поперечных сил обеспечена.

Расчетным режимом разрушения является отслаивание композитного материала. Для предотвращения этого вида отказа обычно проводят анкеровку армирующих элементов. Эта процедура требует дополнительных затрат, ее выполнение не всегда возможно, поэтому более рациональным способом недопущения данного режима разрушения конструкции является ограничение уровня деформации в композитном материале. Предельная деформация углепластика задается как наименьшее из значений, определяемых по российскому «Руководству по усилению» [1], американскому ACI-440.2R-06 [2] и итальянскому CNR-DT200/2004 [3].

В рассматриваемом сечении деформации в бетоне не достигают предельных значений. В СП 52-101-2003 напряжение в сжатом бетоне представляется равным расчетному сопротивлению R_b и при этом постоянным по высоте сжатой зоны. В европейском нормативе EuroCode2 при определении усилия воспринимаемого сжатым бетоном для учета неравномерности распределения напряжений в сжатой зоне вводятся корректирующие коэффициенты. Их применение позволяет оценить несущую способность балки, опираясь на реальное физическое распределение напряжений по сечению, поэтому в расчете поведение сжатого бетона описывается согласно EuroCode2.

Использование гипотезы плоских сечений позволяет, задавшись двумя переменными (например, деформацией в растянутой стальной арматуре и деформацией наиболее сжатого волокна бетона), определять деформации на произвольном уровне

по высоте сечения. Изменение деформации по площади поперечного сечения углепластиковых стержней считается пренебрежимо малым, поэтому величина деформации определяется на уровне их центра тяжести.

Деформации в ткани из углеродного волокна нельзя считать постоянными по высоте сечения. Для предотвращения отслаивания необходимо, чтобы деформация наиболее растянутого волокна ткани не превышала предельного значения. Дополнительным условием является нахождение образующегося углепластика целиком в растянутой зоне. Вопрос о допустимости изменения деформаций по ширине ткани (каждое волокно растянуто на разную величину) остается открытым.

Упругий характер работы углепластика позволяет считать напряжение на уровне центра тяжести полосы ткани из углеродного волокна равным усредненному значению напряжений по всей полосе. Усилие, воспринимаемое углепластиком, находится как произведение площади его поперечного сечения на напряжение на уровне центра тяжести.

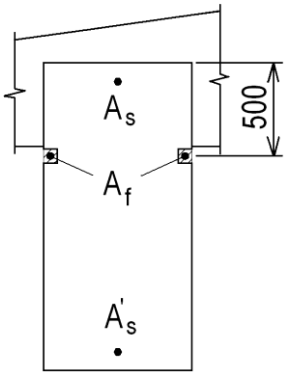


Рис. 1. Размещение стержней:
A_s – площадь поперечного сечения растянутой арматуры;
A'_s – площадь поперечного сечения сжатой арматуры;
A_f – площадь поперечного сечения композитной арматуры

.

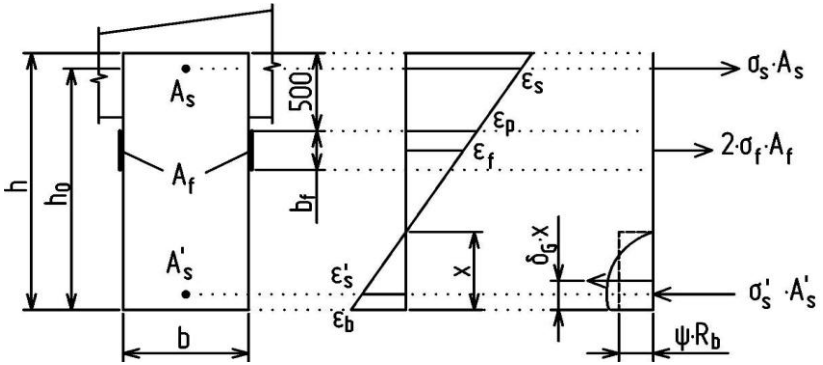


Рис. 2. Размещение ткани и расчетная схема:
ε_s и σ_s – деформация и напряжение в растянутой арматуре на уровне ее центра тяжести; ε'_s и σ'_s – деформация и напряжение в сжатой арматуре на уровне ее центра тяжести; ε_f и σ_f – деформация и напряжение в композитной арматуре на уровне ее центра тяжести

Высота сжатой зоны сечения определяется из уравнения равновесия:

$$x = [\sigma_s A_s - \sigma'_s A'_s + \sigma_f A_f] / [\psi R_b b], \qquad (1)$$

где ψ – коэффициент усреднения напряжений в бетоне по высоте сжатой зоны.

Момент, воспринимаемый сечением, определяется относительно наиболее сжатого волокна:

$$M = -\psi R_b b \delta_G x^2 - \sigma'_s A'_s a' + \sigma_s A_s h_0 + \sigma_f A_f h_f, \qquad (2)$$

где δ_G – коэффициент, определяющий положение центра тяжести сжатой зоны бетона относительно наиболее сжатого волокна;

h_f – расстояние от наиболее сжатого волокна бетона до центра тяжести композитной арматуры.

2. Расчет усиления

Для примера рассмотрим расчет усиления боковыми накладками из 1 слоя высокопрочной ткани из углеродного волокна SikaWrap®-530 C/105.

Дано: сечение размерами b = 400 мм, h = 1650 мм, $a = a'$ = = 40 мм; растянутая арматура класса A–I (R_s = 225 МПа), площадь сечения A_s = 37,99 мм^2, A'_s = 8,55 мм^2; бетон класса B20 (R_b = 11,5 МПа); ткань SikaWrap-530 C/105 шириной b_f = 300 мм, толщиной по углеволокну t_f = 0,293 мм, модуль упругости при растяжении E_f = 240 000 МПа. На 500 мм от верхней грани балки отсутствует доступ к расположенной сверху растянутой зоне.

Требуется определить прочность усиленного сечения.

Расчет

Площадь поперечного сечения ткани в случае двухсторонней наклейки $A_f = 2b_f\, t_f = 2{\cdot}0{,}3{\cdot}0{,}293{\cdot}10^{-3} = 175{,}8$ мм^2.

Выводим выражения для описания высоты сжатой зоны бетона, а также деформации в сжатой арматуре в зависимости от деформации наиболее сжатого волокна бетона и деформации на уровне центра тяжести растянутой арматуры.

$$x(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_b \cdot h_0/(\varepsilon_s + \varepsilon_b)$$

$$\varepsilon'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_b \cdot (x(\varepsilon_s, \varepsilon_b) - a')/x(\varepsilon_s, \varepsilon_b).$$

В качестве расчетной диаграммы состояния растянутой и сжатой арматуры, определяющей связь между напряжениями и относительными деформациями, принимаем билинейную диаграмму Прандтля. Напряжение в сжатой арматуре определяем по формулам:

при $0 \le \varepsilon'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) \le \varepsilon'_{s0}$ $\quad \sigma'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) \cdot E_s$,

при $\varepsilon'_{s0} \le \varepsilon'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) \le \varepsilon'_{s2}$ $\quad \sigma'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = R_s$.

Напряжение в растянутой арматуре определяем аналогично.

Записываем выражения для деформации и напряжения в композитном материале на уровне его центра тяжести:

$$\varepsilon_f(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_s \cdot (h_f - x(\varepsilon_s, \varepsilon_b)) / (h_0 - x(\varepsilon_s, \varepsilon_b))$$

$$\sigma_f(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_f(\varepsilon_s, \varepsilon_b) \cdot E_f.$$

Для предотвращения отслаивания композитного материала требуем, чтобы деформация в наиболее растянутом волокне $\varepsilon_{f,max}$ не превышала своих предельных значений, вычисленных по имеющимся методикам ε_{fu}.

$$\varepsilon_{f,max}(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_s \cdot (h - 0{,}5 - x(\varepsilon_s, \varepsilon_b)) / (h_0 - x(\varepsilon_s, \varepsilon_b)).$$

Решаем систему из двух уравнений с двумя неизвестными ε_s и ε_b:

$$\sigma_s(\varepsilon_s) A_s - \sigma'_s(\varepsilon_s, \varepsilon_b) A'_s + \sigma_f(\varepsilon_s, \varepsilon_b) A_f - \psi(\varepsilon_b) R_b b x(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = 0$$

$$\varepsilon_{f,max}(\varepsilon_s, \varepsilon_b) = \varepsilon_{fu}.$$

Проверяем, чтобы весь композитный материал работал на растяжение:

$$x(\varepsilon_s, \varepsilon_b) \le h - 0{,}5 - b_f.$$

Находим прочность сечения по формуле (2).

3. Описание результатов расчета

Цель работы заключается в определении преимуществ рассматриваемых вариантов усиления. Для этого был проведен расчет усиления балки углепластиковой высокопрочной и высокомодульной тканью шириной 300 мм в один и два слоя (т.е. с увеличением количества углепластикового волокна на 100 %), а также стержнями диаметром 8 и 10 мм (с увеличением площади на 57,5 %). Результаты расчета сведены в таблицу.

Сравнительный расчет вариантов усиления

		M/M_0*	ε_s, ‰	ε_b, ‰	ε_f, ‰	x, мм
Высокопрочная ткань Sika Wrap-530 C/105	1 слой	1,164	6,407	1,520	3,479	309
	2 слоя	1,193	4,636	1,338	2,372	361
Высокомодульная ткань SikaWrap-400C HiMod NW	1 слой	1,176	4,646	1,313	2,390	355
	2 слоя	1,222	3,611	1,233	1,776	410
Углепластиковые стержни MBRACE®MBAR	d = 8 мм	1,173	11,679	2,125	7,735	248
	d = 10 мм	1,295	11,819	2,475	7,735	279

* Эффективность каждого из вариантов композитного «армирования» определяется как отношение изгибающих моментов, воспринимаемых сечением балки, до и после усиления.

Увеличение количества слоев ткани соответствует увеличению жесткости углепластикового усиления, что приводит к снижению его предельных деформаций (на 29,3 % в высокопрочном и на 24,4 % в высокомодульном усилении). В связи с этим относительные деформации бетона, стальной арматуры также уменьшаются, наблюдается недоиспользование их прочностных свойств. Рост несущей способности сечения связан лишь с увеличением количества углепластикового волокна.

Увеличение диаметра углепластикового стержня не влияет на величину его предельных деформаций. Рост несущей способности происходит благодаря увеличению площади армирования и относительных деформаций в бетоне и стальной арматуре.

Усиленное высокомодульной тканью сечение, имея тот же уровень несущей способности, что и сечение, усиленное высокопрочной тканью, характеризуется более низкими значениями относительных деформаций. Это подразумевает, что и абсолютные деформации конструкции при высокомодульном усилении будут ниже. В связи с тем, что предельные деформации стержня выше предельных деформаций ткани, центр тяжести сечения стержней расположен дальше от нейтральной оси, стержневой арматуры для усиления конструкции требуется в несколько раз меньше. Отсюда можно сделать вывод о том, что в случае, когда требуется значительно увеличить несущую способность железобетонного изгибаемого элемента при отсутствии доступа к его растянутой поверхности, наиболее эффективным способом будет околоповерхностное усиление углепластиковыми стержнями.

Список литературы

1. *Руководство* по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М., 2006. – 113 с.
2. *ACI 440.2R-08*. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening of Concrete Structures. – Michigan, 2008. – 76 p.
3. *CNR-DT 200/2004*. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures. – Rome, 2004. – 144 p.

УДК 624.131.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДУЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ ГРУНТОВ

О.А. Коробова[*], О.А. Бирюкова[**]

В статье приводится анализ «секущих» и «шаговых» модулей деформации, вычисленных по результатам компрессионных исследований деформационной анизотропии образцов различных грунтов, отобранных по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

В лаборатории кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты» Новосибирского архитектурно-строительного университета (НГАСУ) были проведены экспериментальные исследования 12 образцов грунтов различных видов.

Определение модулей деформации грунтов выполнено при действии на образцы уплотняющих давлений σ_z в пределах от 0,05 до 0,30 МПа в уплотнителях системы «Гидропроект». Образцы грунтов отбирались при естественной плотности и влажности по двум взаимно перпендикулярным направлениям при горизонтальном и вертикальном положении колец по отношению к площадке отбора (рис. 1).

На каждой ступени нагружения вычислены «секущие» и «шаговые» модули деформации грунтов 1–12 (табл. 1) по ортогональным направлениям.

[*] Д-р техн. наук, профессор кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов НГАСУ (Сибстрин)

[**] Студент НГАСУ (Сибстрин)

а) б)

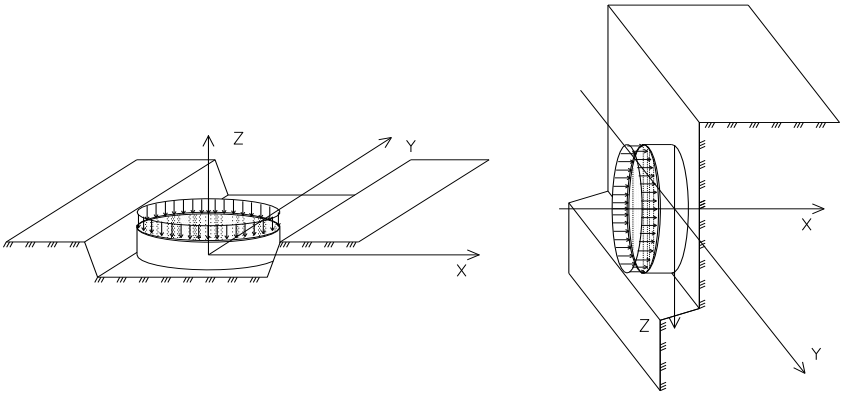


Рис. 1. Схема отбора образцов грунта:
а – вертикальное положение колец;
б – боковое

Таблица 1

Характеристики исследованных грунтов

№	Наименование грунта	γ, кН/м^3	w, %	I_p %	I_l	n, шт.	Местоположение площадки отбора
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Супесь пылеватая текучая	18,7	31	4	1,2	12	г. Кемерово, п/о «Химволокно»
2	Супесь пылеватая пластичная	17,2	38	6	1,0	12	г. Кемерово, завод «Сиблитмаш»

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Супесь пылеватая пластичная (плоская деформация $\sigma_1 = \sigma_3$)	17,7	18	6	0,6	12	г. Новосибирск, Ленинский район
4	Супесь песчанистая пластичная	19,2	18	3	0,4	12	г. Новосибирск, Дзержинский район
5	Супесь песчанистая твердая	17,4	18	1	0	12	г. Новосибирск, Оперный театр
6	Суглинок легкий, пылеватый полутвердый	17,5	20	13	0,1	12	г. Кемерово, п/о «Химволокно»
7	Песок плотный	17,2	3	–	–	12	г. Новосибирск, Кировский район
8	Песок средней плотности	18,2	9	–	–	12	г. Новосибирск, Октябрьский район
9	Песок средней плотности ($\boldsymbol{\sigma_1 = \sigma_3}$)	15,6	3	–	–	3	г. Новосибирск
10	Песок средней плотности ($\boldsymbol{\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3}$)	15,6	3	–	–	12	г. Новосибирск
11	Песок плотный ($\boldsymbol{\sigma_1 = \sigma_3}$)	18,0	3	–	–	3	г. Новосибирск
12	Песок воздушно-сухой, плотный	18,0	3	–	–	4	г. Новосибирск

В качестве примера в табл. 2 и 3 приведены значения «шаговых» и «секущих» модулей деформации (грунт 1, табл. 1) и их статические характеристики. Полученные величины вариационного коэффициента и показатели точности не превышают допускаемых ГОСТ 20522-96 [1].

Таблица 2

Статистические показатели «секущего» модуля деформации E_z (грунт 1, табл. 1)

Результаты испытаний	Величина уплотняющего давления, σ_z, МПа					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Количество испытаний образцов, n, шт.	6	6	6	6	6	6
Среднее арифметическое, E_z, МПа	2,3	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9
Среднее квадратическое отклонение, $\pm\sigma$, МПа	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2
Ошибка среднего арифметического, m, МПа	1,6	0,9	1,4	1,0	1,6	1,0
Показатель точности, P_E, %	7	3	5	3	6	3
Вариационный коэффициент, V_E, %	17	8	12	8	14	8

Таблица 3

Статистические показатели «шагового» модуля деформации E'_z (грунт 1, табл. 1)

Результаты испытаний	Величина уплотняющего давления, σ_z, МПа					
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Количество испытаний образцов, n, шт.	6	6	6	6	6	6
Среднее арифметическое, E_z, МПа	2,3	7,7	9,2	12,0	15,3	20,4
Среднее квадратическое отклонение $\pm\sigma$, МПа	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	1,2
Ошибка среднего арифметического, m, МПа	1,6	1,7	2,3	2,5	3,3	5,1
Показатель точности, P_E, %	7	2	3	2	2	3
Вариационный коэффициент, V_E, %	17	6	6	5	5	6

Изменения модулей деформации при увеличении уплотняющего давления показаны на рис. 2–5. Из этих рисунков видно, что при увеличении давления на грунт растут и модули деформации.

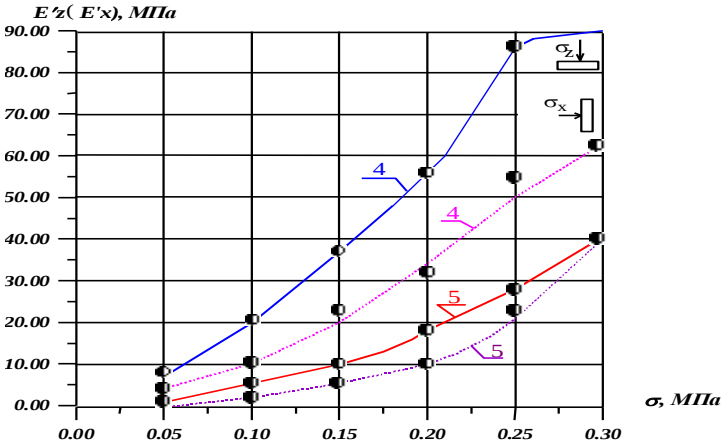


Рис. 2. «Шаговые» модули деформации грунтов 4, 5 (табл. 1)

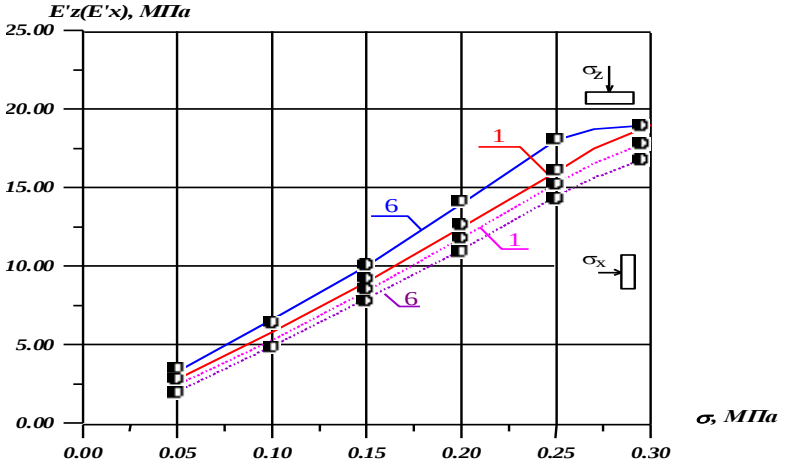


Рис. 3. «Шаговые» модули деформации грунтов 1, 6 (табл. 1)

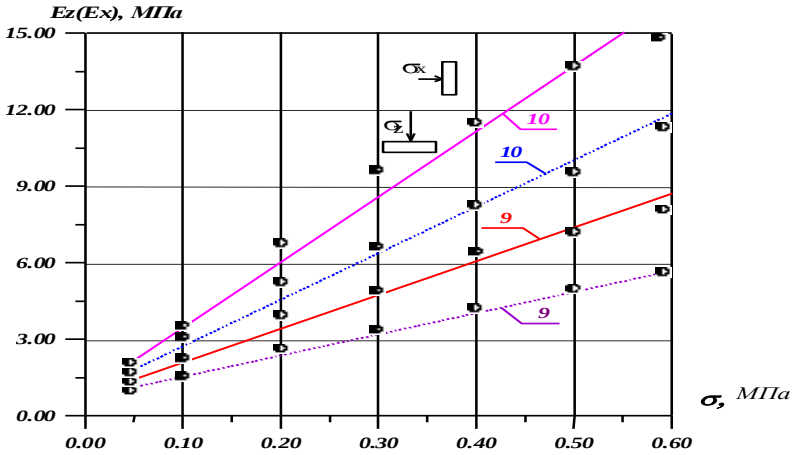


Рис. 4. «Шаговые» модули деформации грунтов 9, 10 (табл. 1)

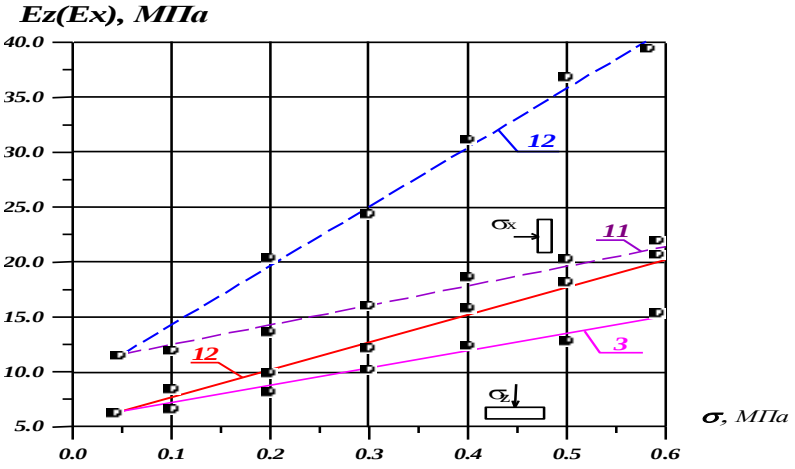


Рис. 5. «Шаговые» модули деформации грунтов 11, 12 (табл. 1)

Выводы

Из полученных результатов очевидно, что величины «секущих» и «шаговых» модулей деформации испытанных образцов грунтов различаются по ортогональным направлениям. Это подтверждает факт наличия деформационной анизотропии и необходимость учета его в расчетах грунтовых оснований по деформациям.

Список литературы

1. *ГОСТ 20522-96.* Грунты. Методы статической обработки результатов испытаний. – взамен ГОСТ 20522-75 ; введ. 01.01.97. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 23 с.

УДК 69.059.38

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СНОСА ЗДАНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.А. Лось*

Рассматривается решение проблемных вопросов организации сноса старых зданий производственного назначения. Описываются методологический подход и результаты решения. Приводится предлагаемый унифицированный состав проекта организации сноса зданий.

Основные фонды страны стареют вследствие как физического так и морального износа. Сегодня острой становится проблема их обновления. В жилищной сфере она решается путем реконструкции 4–5-этажных жилых домов первых массовых серий, построенных в 1950–60-е гг. В производственной сфере ситуация несколько иная. Физический износ многих зданий производственного назначения, построенных в эти же годы, не достиг предела. Но их объемно-планировочные решения не удовлетворяют требованиям современных технологий, размещению нового оборудования. Встала задача сноса устаревших зданий и сооружений производственного назначения.

В 2009 г. представитель ОАО НЗХК обратился к кафедре ОСП НГАСУ за помощью. Необходима была разработка проектов организации работ по сносу ряда зданий на промплощадке завода. Проект организации сноса рассматривался как составная часть общего «Проекта вывода из эксплуатации зданий производственного назначения». Общий проект включал еще разделы «Обследование зданий», «Концепция сноса», «Утилизация отходов».

* Доцент кафедры организации строительного производства НГАСУ (Сибстрин)

Целью настоящей статьи является освещение методологического подхода к созданию новой, не имеющей аналога, научно-практической разработки организации сноса зданий производственного назначения, а также описание предлагаемого унифицированного состава проекта организации сноса зданий.

Наша работа разделилась на два этапа. Первый этап состоял в научно-практической разработке, включающей решение двух задач: определить структуру проекта организации работ по сносу здания; определить содержание текстовой и графической частей проекта. Второй этап включал решение еще двух задач: изучение и отбор способов и методов сноса зданий и собственно разработку проектов организации сноса зданий.

Трудности первого этапа состояли в отсутствии аналогов. Решение задач осуществлялось «с чистого листа». В качестве основы разработки были приняты постановление Правительства РФ № 87 (раздел 7 «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») [1], требования заказчика, собственный опыт разработки проектов организации нового строительства. Ниже приведены предлагаемая унифицированная структура и краткое содержание проекта организации сноса.

Проект организации сноса здания _____

(Проект организации работ по сносу здания _____)

Текстовая часть (пояснительная записка – 30–35 стр.):

1. Введение (основание разработки проекта).

2. Стройгенплан здания (описание строительной площадки, характеристики сносимого здания).

3. Описание и обоснование принятых методов сноса (общие положения, выдержки из концепции сноса здания, порядок сноса здания, обоснование методов и средств резки конструкций, описание методов разборки, демонтажа конструкций здания – 10–15 пунктов).

4. Технологические карты-схемы последовательности сноса (общие положения, описание последовательности разборки, демонтажа конструкций здания – 10–15 пунктов).

5. Расчеты и обоснование размеров зон развала и опасных зон здания (общие положения, расчеты размеров опасных зон при разборке ограждающих конструкций и при разборке фундаментов и земляных работах – 3–5 пунктов).

6. Описание и обоснование решений по безопасным методам ведения работ по сносу здания (общие положения, решения по безопасным методам ведения работ – 5–10 пунктов).

7. Перечень использованной литературы

Графическая часть:

1. 000.П-7429-005-ПОС2, лист 1 «Общие данные»
2. 000.П-7429-005-ПОС2, лист 2 «Стройгенплан здания»
3. 000.П-7429-005-ПОС2, лист 3 «Схема последовательности разборки наружных сооружений и пристроек»
4. 000.П-7429-005-ПОС2, лист 4 «Схемы последовательности разборки стальных площадок, внутренних стен и перегородок на отм. +12,045 и +7,000 в осях 1-5, А-Б»
5. И т.д., всего 20–25 чертежей.

На втором этапе нашей работы были изучены и отобраны наиболее эффективные способы и методы сноса зданий. Согласно принятой терминологии (см. труды ЦНИИОМТП, фирмы Norma CS, Девятаевой Е.Г., Корта Д., Пледжера Д, Чеченкова М.С. и др. [2]), под сносом здания подразумевается полное или частичное устранение его конструкций и элементов. Нас интересовал полный снос – т.е. полное устранение (ликвидация) здания. На практике применяется два основных способа сноса здания: способ разрушения и способ разборки. Возможна комбинация этих способов.

При разрушении здания полностью или частично разрушаются все его конструкции. Процесс разрушения сопровождается разлетом частей конструкций, выделением большого количества пыли. При сносе способом разборки здание не разрушается. Его конструкции последовательно разбираются. Сборные конструкции демонтируются без разрушения. Монолитные конструкции предварительно расчленяются на части (блоки) и удаляются с места их расположения в здании. Расчленение конструкций на части может осуществляться различными методами:

механическими, гидравлическими, гидродинамическими, термическими, электрохимическими. В последнее время широко применяются следующие методы расчленения конструкций:

а) методы направленного разрушения строительных конструкций, основанные на использовании пластичных веществ для образования направленных трещин (Институт горного дела, СО РАН, г. Новосибирск);

б) методы безударной разборки бетонных полов и фундаментов – шпуроклиновые технологии (ЦНИИС, г. Москва);

в) методы алмазной резки конструкций (ООО «Алмаз-Сервис», г. Новосибирск).

Перечисленные способы относятся к «открытому» способу сноса здания. В нашем случае пришлось разрабатывать новую технологию – «закрытого» способа сноса зданий. Дело в том, что часть зданий была загрязнена ртутью. В случае применения способа разрушения здания частицы и пары ртути неизбежно попадут в окружающую среду в количестве, превышающем предельно допустимую концентрацию. Единственно применимым оказался способ разборки, который должен отвечать специфическим требованиям. Приведем выдержку из концепции сноса здания.

«На первом этапе разборке подлежат только внутренние конструкции или их части, относящиеся к 0, I, II и III группам по содержанию металла, включая выемку грунта до отм. –1,500, без нарушения несущего каркаса здания. Для обеспечения защиты персонала, населения и окружающей среды от воздействия ртути на первом этапе предполагается использование ограждающих конструкций здания (стены, перекрытия) в качестве *физического барьера.* На втором этапе разбираются ограждающие конструкции здания до отметки верха фундамента, разбираются фундаменты до основания, осуществляются выемка грунта до отм. –2,400 и обратная засыпка котлована привозным грунтом».

С учетом обеспечения минимального выделения тепла и пыли, способствующих распространению паров ртути, для сноса таких зданий были рекомендованы механические, термические,

гидродинамические методы разборки конструкций. Предусмотрено также широкое использование методов алмазной резки.

Разработанные проекты организации сноса зданий успешно прошли внутреннюю и министерскую экспертизу и приняты заказчиком.

Таким образом, в результате выполненной научно-практической разработки предложена унифицированная структура проекта организации сноса зданий производственного назначения, отобраны наиболее эффективные способы и методы сноса зданий, разработаны организация и технология «закрытого» способа сноса зданий. На этой основе была выполнена практическая разработка проектов организации сноса зданий для ОАО НЗХК.

Список литературы

1. *О составе* разделов проектной документации и требованиях к их содержанию : постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 // СтройЭксперт-Кодекс. Нормативы и стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.npoplus.ru/normipravoinfo/fz/postanovlenie87.php
2. *Пледжер Д.* Техника сноса зданий / Д. Пледжер. – М. : Стройиздат, 2005.

УДК 693.5, 69.058.5

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БЕТОНИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.М. Киргизов[*], С.В. Касланов[**]

Рассматривается модель обеспечения качества строительной продукции при возведении общественных и гражданских зданий из монолитного железобетона в условиях современной строительной площадки.

В России объемы строительства зданий из монолитного железобетона за последние десятилетия увеличились в разы. Проектировщики и строители оценили преимущества монолитных конструкций.

Специалистами кафедры технологии строительного производства ННГАСУ (Нижний Новгород) разрабатывается комплексная методика обеспечения качества монолитного строительства путем мониторинговой оценки технологических параметров бетонирования.

Требуемое качество монолитных конструкций обеспечивается выполнением многообразных требований к составляющим комплексного строительного процесса: основному материалу – бетонной смеси и бетону, параметрам технологического процесса монтажа опалубки, арматуры, приготовления, транспортирования и укладки бетонной смеси, выдержки бетона.

На современном этапе развития технологии монолитного строительства в достаточной степени решены вопросы конструкции, сборки и разборки опалубки, монтажа арматуры [1].

Требуют научного обоснования вопросы транспортирования и укладки в конструкцию бетонной смеси, выдержки бетона, прогноза физико-механических свойств бетона по результантам испытаний в раннем возрасте.

---

[*] Канд. техн. наук, доцент ННГАСУ (Нижний Новгород)

[**] Магистрант ННГАСУ (Нижний Новгород)

Установлены следующие технологические этапы бетонирования, влияющие на качество монолитной конструкции:

1) Этап транспортирования бетонной смеси;
2) Этап укладки и уплотнения бетонной смеси;
3) Этап выдерживания бетона до распалубочной прочности;
4) Этап набора длительной прочности.

Комплексная оценка качества бетонирования конструкций должна выполняться соответственно в четыре этапа.

На первом этапе транспортирования бетонной смеси необходимо учитывать дальность транспортирования, тип транспортного средства и метод подачи и укладки бетонной смеси в конструкцию. На объектах Нижнего Новгорода в настоящее время бетонную смесь преимущественно доставляют в автобетоносмесителях емкостью 8–9 $м^3$. В этом случае при подаче бетонной смеси бункером (схема «кран-бадья») вместимостью 1 $м^3$ автобетоносмеситель простаивает на строительной площадке в среднем 2,5–3 ч. И говорить о качественных показателях бетонной смеси, в частности удобоукладываемости, не приходится. Не секрет, что в данном случае производители работ часто идут на грубейшее технологическое нарушение, снижающее конечную прочность бетона, – добавление в замес воды, с целью увеличения подвижности.

На втором этапе укладки и уплотнения бетонной смеси необходимо контролировать интенсивность укладки, качество уплотнения бетонной смеси и обеспечение однородности конструкции (устройство рабочих швов).

Наиболее часто на строительной площадке применяются глубинные электромеханические вибраторы. В связи с этим в ННГАСУ разработан метод контроля степени уплотнения бетонной смеси такими вибраторами, принцип которого основан на устойчивой связи между степенью уплотнения смеси и мощностью, потребляемой электродвигателем вибратора. Стабилизация мощности будет однозначно указывать на достижения оптимального уплотнения смеси, не допуская начала процесса расслоения.

Третий этап бетонирования конструкции – этап выдерживания бетона до распалубочной прочности, наиболее ответст-

венный передел, зачастую сдерживающий продолжение возведения монолитного здания. Поскольку раннее распалубливание монолитной конструкции и высвобождение опалубки для использования на других захватках бетонирования может привести к значительным деформациям, а иногда и к обрушению конструкции.

Правила контроля и оценки прочности бетона регламентируются ГОСТ Р 53231-2008.

Одним из объективных методов определения прочности бетона в раннем возрасте является метод применения разработанной на кафедре ТСП ННГАСУ закладной бездонной формы для извлечения контрольных образцов-кубов из тела монолитной конструкции [2]. Применение данной формы возможно до полной распалубки конструкций.

На четвертом этапе набора длительной прочности контролируется интенсивность изменения прочностных параметров бетона монолитной конструкции, с определением гарантированного момента набора бетоном проектной прочности, позволяющее производить нагружение конструкции.

Специалистами ННГАСУ при обследовании конструкций строящихся зданий рекомендуется методика определения длительной прочности бетона. Длительная прочность бетона определяется экспериментальными исследованиями при помощи современных измерительных приборов неразрушающего контроля прочности бетона. Величина длительной прочности устанавливается с использованием трех различных методов; в расчетах принимается ее среднее значение. При этом показатели прочности могут контролироваться выборочным исследованием прочности бетона разрушающими методами.

Для обеспечения качества бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в условиях строительной площадки необходима разработка производственных регламентов.

Производственный регламент целесообразно разрабатывать для конкретных крупных объектов, с конкретным поставщиком товарного бетона, при выбранных средствах подачи и уплотнения бетонной смеси с установленным графиком производства работ.

В составе производственного регламента по комплексной оценке качества бетонирования монолитных конструкций следует предусматривать:

1. Опалубка: характеристика опалубочной системы, элементов опалубки, раскладка щитов, способы крепления, смазка, допуски при установке.
2. Арматура: характеристика армоконструкций, строповка, стыковка, сварка, величина и обеспечение защитного слоя, допуски при монтаже.
3. Бетон: изготовление и испытание образцов в соответствии с ГОСТ Р 53231-2008, оценка подвижности бетонной смеси, контроль за тепло-влажностными параметрами выдерживания и твердения.
4. Процесс бетонирования конструкции: выбор типа (вместимости барабана) автобетоносмесителя в соответствии с массивностью бетонируемых конструкций, интенсивности бетонирования, способа уплотнения бетонной конструкции.
5. Оценка физико-механических характеристик бетона по результатам испытания в раннем возрасте. При необходимости принятие решений по усилению или разборке отдельных элементов конструкций.
6. Обеспечение условий содержания конструкций для набора проектной и длительной прочности бетона.
7. Контроль линейного персонала стройки за процессом бетонирования.

Список литературы

1. *Плотников Н. М.* Совершенствование технологии монолитного строительства / Н. М. Плотников, В. Б. Стойчев, А. А. Яворский // Приволжский научный журнал. – 2007. – № 2. – С. 8–16.
2. *Пат. 2269761* Российская Федерация, МПК G01N1/04. Форма и способ отбора бетонных образцов из конструкции / А. А. Яворский, О. Е. Сенников ; Нижегородский гос. архитектурно-строит. ун-т. – № 2004114537/12; заявл. 12.05.2004; опубл. 27.10.2005, Бюл. № 4. – 9 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 691.51:666.9 (075.8)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ТЯЖЕЛОГО ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА ВВЕДЕНИЕМ ДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК И ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Г.И. Бердов[*], Л.В. Ильина[**], А.В. Мельников[***]

Получена возможность повышения прочности и морозостойкости бетона, изготовленного на цементе, хранившимся длительное время или хранившимся во влажных условиях, введением дисперсных минеральных добавок и электролитов.

Высокая морозостойкость и механическая прочность бетона являются его важными эксплуатационными свойствами. В особенности это актуально для районов, характеризующихся суровыми климатическими условиями и длительным холодным периодом. Бетон представляет собой достаточно сложную систему, включающую крупный и мелкий заполнители и связывающий их цементный камень. В данной работе представлены результаты исследований изменений структуры цементного камня на морозостойкость тяжелого цементного бетона.

[*] Д-р техн. наук, профессор кафедры химии НГАСУ (Сибстрин)

[**] Канд. техн. наук, доцент кафедры строительных материалов и специальных технологий НГАСУ (Сибстрин)

[***] Аспирант кафедры строительных материалов и специальных технологий НГАСУ (Сибстрин)

Для регулирования технологических и эксплуатационных свойств бетона очень широко используются добавки, различные по составу и функциональному назначению [1, 2]. Для повышения морозостойкости бетона обычно используют воздухововлекающие добавки [2, 3]. Однако при увеличении количества воздушных пор прочность цементного камня снижается. Повышение морозостойкости цементного камня происходит и при введении минеральных добавок, например, молотого стеклобоя [4].

В данной работе исследовано влияние минеральных добавок (волластонита и диопсида) и электролитов на механическую прочность и морозостойкость тяжелого бетона. Волластонит и диопсид являются природными силикатами кальция, сложенными кремнекислородными тетраэдрами, как и основные клинкерные минералы – алит и белит. Их введение способствует микроармированию цементного камня.

Добавки волластонита и диопсида вводили в количестве 9 % массы цемента. Такое их содержание, как показали предыдущие эксперименты, близко к оптимальному значению.

В качестве добавленного электролита использована соль, имеющая многозарядный катион и анион, – $Fe_2(SO_4)_3$. Соль вводили в воду затворения в количестве 1 % массы цемента, что соответствует ее оптимальной величине. Введение электролитов с многозарядными катионами и анионами способствует повышению прочности образующегося цементного камня.

Исходный (контрольный) состав бетонной смеси содержал, кг/м^3: цемент – 323, песок – 551, щебень – 1288, вода – 215.

В работе использован портландцемент ООО «Искитимцемент» (Новосибирская обл.) марки ПЦ400Д20, хранившийся в течение 4 мес. во влажных условиях. Минералогический состав по данным завода изготовителя, мас. %: C_3S – 50–55; C_2S – 18–22; C_3A – 7–11; C_4AF – 12–15. Химический состав исследованного цемента, мас. %: SiO_2 – 20,7; Al_2O_3 – 6,9; Fe_2O_3 – 4,6; CaO – 65,4; MgO – 1,3; SO_3 – 0,4; ППП – 0,5.

Мелким заполнителем являлся кварцевый песок (п. Марусино, Новосибирская обл.), модуль крупности, Мкр = 1,8. В качестве крупного заполнителя использовали диабазовый щебень месторождения п. Горный Тогучинского района Новосибирской области фракции 5–10 и 10–20 мм.

Образцы бетона с размером ребра 100 мм после 28 сут. твердения при нормальных условиях подвергнуты испытаниям на морозостойкость по стандартной методике (второму ускоренному методу ГОСТ 10060.2-95). Испытания проводили в аккредитованной лаборатории. Значения прочности при сжатии образцов бетона после различного количества циклов при испытании на морозостойкость и изменение массы образцов относительно исходных значений указаны в таблице. Значения предела прочности при сжатии (указанные в таблице) приведены с учетом понижающего коэффициента для пересчета на стандартные кубы с ребром 150 мм.

Изменение свойств бетона при испытании
на морозостойкость (в процентах от исходного значения)

Состав бетонной смеси	Предел прочности при сжатии, МПа, в зависимости от числа циклов замораживания-оттаивания					Изменение массы после испытаний в зависимости от числа циклов				Марка по морозостойкости
	0	20	30	45	75	20	30	45	75	
Контрольный	15,7	15,5	15,3	*	*	+1,3	+1,7	*	*	F150
С добавкой 9 мас. % волластонита	21,6	–	21,5	21,4	*	–	0	–0,8	*	F200
С добавкой 9 мас. % диопсида	23,1	–	–	23,3	23,3	–	–	0	0	F300
С добавкой 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$	21,9	–	21,8	21,5	*	–	0	–0,4	*	F200
С добавкой 9 мас. % диопсида и 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$	24,8	–	–	24,9	25,1	–	–	–0,4	–0,8	F300

Примечание. (–) – испытания не проводились; (*) – испытания прекращены.

Коэффициент вариации при определении прочности при сжатии бетона составлял не более 5,4 %, массы образцов – 4,2 %.

При добавлении 9 мас. % волластонита прочность образцов при сжатии возрастает на 38 %. Введение 9 мас. % диопсида обеспечивает увеличение начальной прочности бетона на 47 %, добавка 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$ – на 40 %. Совместное введение 9 мас. % диопсида и 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$ обеспечивает дальнейшее увеличение начальной прочности образцов бетона на 58 % относительно контрольного состава.

При этом проектный класс бетона по прочности изменяется от В12,5 контрольного состава до В20 составов с добавкой волластонита, диопсида и $Fe_2(SO_4)_3$ и до В22,5 при совместном введении диопсида и электролита.

У исходных (контрольных) образцов бетона заметное снижение прочности (1,3 %) отмечено уже после 20 циклов испытаний по ускоренному методу. После 30 циклов прочность при сжатии снижается на 2,5 %. Марка по морозостойкости составляет F150. При этом масса образцов увеличивается после 20 циклов на 1,3 %, после 30 циклов на 1,7 %. При введении 9 мас. % волластонита снижение прочности составляет после 45 циклов испытаний 0,9 %. К этому моменту происходит заметное снижение массы образцов – на 0,8 %. Марка бетона по морозостойкости увеличивается до F200. Аналогичное изменение свойств бетона происходит также при введении 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$. В этом случае марка по морозостойкости также повышается до F200.

Механизм действия дисперсных минеральных добавок и добавок электролитов различен. Дисперсные минеральные добавки обеспечивают микроармирование цементного камня, препятствуют распространению в нем трещин. Добавки электролитов оказывают влияние на ионообменное взаимодействие между частицами цемента и жидкой фазы и на коагуляционные процессы в твердеющей системе. Это также способствует повышению активности цемента и формированию плотной и прочной структуры цементного камня.

Весьма примечательные результаты получены при введении в состав бетонной массы измельченного диопсида как отдельно, так и совместно с $Fe_2(SO_4)_3$. После 75 циклов испытаний наблюдается не снижение, а рост прочности образцов, составляющий 0,9–1,2 %.

Диопсид по сравнению с волластонитом отличается более высокой твердостью, большим значением модуля упругости. При нагружении системы он будет воспринимать более значительную часть напряжений, повышая прочность цементного камня в целом.

В случае введения диопсида потери массы образцов после 75 циклов испытаний не зафиксированы. При дополнительном введении $Fe_2(SO_4)_3$ они составили после 75 циклов испытаний 0,8 %. В обоих случаях марка бетона по морозостойкости возрастает до F300.

Рассмотрим возможные причины возрастания прочности бетона при длительных испытаниях на морозостойкость.

Морозостойкость строительных материалов во многом определяется их поровой структурой.

Введение диопсида приводит к изменению поровой структуры цементного камня. При введении 7 мас. % диопсида возрастает общий объем пор и особенно их содержание с размерами менее 1,2 мкм. Характеристическая длина пор также заметно увеличивается по сравнению с цементом без добавок.

В то же время, по результатам ртутной порометрии, существенно снижается извилистость пор. Это может обеспечить более благоприятные условия для перемещения части воды при ее замораживании в соседние воздушные включения. Наличие большого количества пор (капилляров) малого диаметра (менее 1 мкм) будет способствовать повышению морозостойкости бетона, так как вода в них в основном будет находиться в пленочном состоянии.

Важную роль играет также состояние воды на поверхности пор [5, 6]. Вода, адсорбированная на поверхности твердого тела, значительно отличается по своим свойствам от объемной воды. Изменение структуры воды обусловливает кинетические препятствия для ее кристаллизации. Пленочная вода, толщина слоя которой составляет около 0,2 мкм, при охлаждении, в процессе испытания на морозостойкость, не будет превращаться в лед. Таким образом, при диаметре пор и капилляров 0,5 мкм и менее вода в них замерзать не будет. При большем диаметре пор и капилляров часть воды, исключая пленочную, замерзает, создавая давление в порах. Это давление будет возрастать по мере увеличения размеров пор и капилляров. Критическим случаем может быть диаметр пор, при котором увеличение объема вследствие замерзания воды равно общему объему пленочной воды. Это соответствует, как показывают расчеты, диаметру пор 2–5 мкм в зависимости от вида материала, то есть толщины слоя пленочной воды. При большем размере пор при замерзании воды в системе будут возникать напряжения. Однако если напряжения не достигают предела прочности материала, они будут способствовать его уплотнению и упрочнению при проведении циклов замораживания – оттаивания.

Эти особенности могут являться причиной рассматриваемого явления – увеличение прочности образцов после циклического замораживания и оттаивания. Таким образом, введение дисперсных минеральных добавок, особенно 9 мас. % диопсида, являющегося отходом производства, обеспечивает существенное повышение морозостойкости бетона, от марки F150 до F300. При этом также увеличивается прочность при сжатии на 50 %, причем после 75 циклов испытаний ее значение несколько увеличивается. Введение совместно с 9 мас. % диопсида 1 мас. % $Fe_2(SO_4)_3$ способствует дальнейшему повышению исходной прочности при сжатии до 58 %, марка по морозостойкости составляет F300.

Список литературы

1. *Добавки* в бетон : справочное пособие : пер. с англ. / под ред. В. С. Рамачандрана. – М. : Стройиздат, 1988. – 575 с.
2. *Горчаков Г. И.* Строительные материалы / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. – М. : Стройиздат, 1986. – 688 с.
3. *Косухин М. М.* Направленное регулирование межфазных явлений в процессах гидратации и твердения вяжущих низкой водопотребности полифункциональными модификаторами синергетического действия при проектировании строительных композитов высокой морозостойкости / М. М. Косухин // Вестник БГТУ – 2005. – № 9. – С. 123–126.
4. *Пат.* № 2165906 Российская Федерация. Вяжущее / В. Т. Ерофеев [и др.]. − 27.01.98.
5. *Дерягин Б. В.* Свойство тонких слоев воды вблизи твердых поверхностей / Б. В. Дерягин // Связанная вода в дисперсных системах. Вып. 5. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – С. 4–13.
6. *Мецик М. С.* Свойства пленочной воды между пластинками слюды / М. С. Мецик // Поверхностные силы в тонких пленках и дисперсных системах. – М. : Наука, 1972. – С. 189–194.

УДК 666.198:662.998

КОСТРА ЛЬНА – ОРГАНИЧЕСКИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.Е. Смирнова*

Выбор технологии и параметров производства теплоизоляционных материалов на основе органического сырья зависит от свойств связующего и самого заполнителя. В статье приведены данные по свойствам органического заполнителя – костры льна.

Костра льна является побочным продуктом от переработки льна и одним из распространенных сельскохозяйственных отходов. Стебли льна при выделении волокна в процессах мятья и трепания разрушаются, а отпадающие одревенелые части образуют костру [1]. Размеры этих частиц колеблются от 1 до 10 мм по длине, толщина в пределах 0,3–1,5 мм.

Основная доля производства и переработки льна (около 70 %) приходится на Центральный и Западно-Сибирский районы. В Сибири льнозаводы расположены на территориях Омской, Новосибирской областей, Алтайского края.

Вещественный состав исходного компонента – костры льна – изучался с помощью инфракрасной спектроскопии на ИК-спектрометре «Scimitar FTS 2000» (рис. 1). Для исследования ИК-спектров костры льна готовились твердые образцы методом прессования таблеток с KBr. Костра льна предварительно высушивалась при температуре 50 ºС и растиралась в агатовой ступке. Количество исходного вещества 1 мг на 6 KBr. Далее приготавливалась таблетка и записывался спектр вещества.

* Канд. техн. наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)

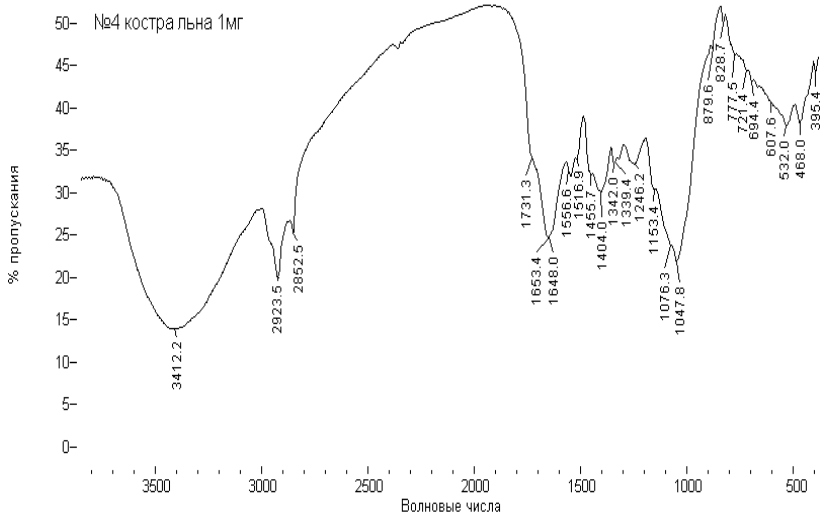


Рис. 1. ИК-спектр костры льна

ИК-спектр костры льна показывает основные колебания в области 3500–2800 $см^{-1}$ и 1750–1050 $см^{-1}$. Широкой и сильной является полоса поглощения в области 3500–3100 $см^{-1}$ с максимумом при ≈3412 $см^{-1}$, которая связана с валентными колебаниями различного типа гидроксильных групп. Полосы в области 3000–2800 $см^{-1}$ относятся к валентным колебаниям ν(CH) метильных и метиленовых групп, деформационные колебания этих групп расположены в интервале 1460–1360 $см^{-1}$. Полоса 1923 $см^{-1}$ характерна для колебаний метоксилов, связанных с ароматическим ядром и валентными колебаниями CH в CH_2 и CH_3 группах. Полоса 1852 $см^{-1}$ соответствует валентным колебаниям С–Н связей в метоксильных группах.

На присутствие лигнина указывают интенсивные полосы поглощения при 1653 $см^{-1}$ с перегибом ≈1730–1710 $см^{-1}$, а также полосы в области 1540–1510 $см^{-1}$, характерные для колебаний колец [2]. В области 1250–1050 $см^{-1}$ наблюдается интенсивная структурированная полоса (max 1048 $см^{-1}$). Здесь проявля-

ются деформационные колебания δ (OH) и (C–O) групп, а также валентные колебания ν(C–OH) групп, полосы поглощения которых перекрываются. Гидроксильные группы вызывают фоновое поглощение в интервале 700–500 $см^{-1}$.

Костра льна, как и любой другой растительный материал, состоит из двух основных компонентов – органического и неорганического. Органический состав костры льна, мас. %: целлюлоза – 38; лигнин – 46; гемицеллюлоза – 10,5; жиры, воск – 4,8; водорастворимые вещества – 0,7.

Количество золы в разных частях одного и того же растения различно и зависит от степени зрелости. Содержание чистой золы в льняной костре 1,8 %. По химическому составу зольная часть (%) включает следующие соединения: P_3O_4 – 5,5; K_2O – 7,2; CaO – 27,2; MgO – 2,3; Mn_2O_3 – 0,4; SiO_2 – 13,6; SO_3 – 32,6; $Fe_3O_4 + Al_3O_3$ – 10,0; Cl – 0,1.

Целлюлоза и лигнин, составляющие основную массу клеточных оболочек костры льна и определяющие их механическую прочность, являются достаточно стойкими веществами и вредного влияния на процесс твердения связующего не оказывают. Гемицеллюлозная часть костры представляет собой сложные органические вещества (полисахариды), способные в щелочной среде (которой является цементный раствор, покрывающий органический заполнитель) гидролизоваться и переходить в водорастворимые сахара. Водорастворимые сахара являются «цементным ядом», т.е. веществами, препятствующими твердению клинкерных минералов. Однако содержание гемицеллюлозы в костре льна невелико (до 11 %).

Простейшие водорастворимые сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза) содержатся в костре льна в небольшом количестве (0,2–0,9 % от ее массы). Благодаря малому размеру молекул, порядка 1 мкм, водорастворимые сахара легко вымываются из нее раствором «минерализатора».

Костра льна имеет насыпную плотность – 110–120 $кг/м^3$, влажность –15–20 %, гигроскопичность – 24–26 %. Температура возгорания равна 210–220 °С, теплопроводность в сухом состоянии – 0,037–0,041 Вт/(м · °С) [1]. Костра льна в отвалах об-

ладает влажностью 12–30 %. При комнатной температуре в течение 3–5 сут. происходит стабилизация влажности, по мере высыхания уменьшается ее насыпная плотность.

Гранулометрический состав устанавливался по показателям частных остатков на стандартных ситах, применяемых при анализе заполнителей бетонов (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав костры льна

Вид костры льна	Остаток на сите, %						
	Размер отверстий сит, мм						
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Не подвергавшаяся дроблению	15,8	61,6	12,9	5,6	2,5	1,2	0,4
Дробленая на установке РМ 120	–	–	5,5	8,3	31,6	48,2	6,4

В валовой пробе костры льна превалируют частицы размером менее 5 мм. Крупноразмерных фракций более 10 мм содержится до 12–15 %. Для получения поризованных и гранулированных материалов с применением костры льна необходимо предусмотреть операцию измельчения и просева через сита с размером отверстий менее 2,5 мм. При изготовлении прессованных теплоизоляционных материалов и засыпок может использоваться костра льна валового гранулометрического состава [3].

Температура самовоспламенения костры льна составляет 425 °С, температура воспламенения 210–220 °С, температура тления 185–190 °С [4]. Эти параметры необходимы при назначении режима тепловой обработки материалов на основе костры льна.

Для определения водородного показателя костры льна готовилась водная вытяжка при соотношении твердого компонента и дистиллированной воды 1:5 по массе. Водородный показа-

тель костры льна определялся на приборе рН-340 и составляет 6,35 единиц.

Таким образом, содержание легкогидролизуемой части (гемицеллюлозы) в костре значительно меньше, чем в древесине, поэтому применение костры в производстве плит с минеральными вяжущими, например, с цементом, вполне оправдано. Выход фракции 5/2,5 мм у костры льна составляет около 62 %, что позволяет применять ее при производстве прессованных изделий без дополнительной технологической обработки. Преимуществом волокнистых материалов из костры льна является отсутствие необходимости длительной сушки и выдержки.

Основные физико-химические свойства прессованного материала на основе костры льна в сравнении с известными ТИМ на основе растительного сырья представлены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства ТИМ на основе костры льна и органических заполнителей

Показатели	Прессованный материал на основе костры льна	Силином-30 (на основе соломы)	Фибролит	Арболит	Торфоплита
Средняя плотность, кг/м^3	305–320	170–185	400–500	400–800	170–220
Теплопроводность,	0,067–0,074	0,048–0,052	0,090–0,100	0,080–0,170	0,056–0,075
Прочность при сжатии, МПа	0,64–0,72	0,20–0,22	0,5–3,5	0,4–4,5	0,1–0,5
Прочность при изгибе, МПа	0,90–0,98	0,17–0,27	0,35–1,3	0,4–1,0	0,3

Вывод

Использование костры льна в качестве заполнителя позволяет получать прессованный материал в виде плит или блоков для теплоизоляции стен, перегородок, утепления кровель в малоэтажном строительстве, средней плотностью 305–320 кг/м^3, прочностью при сжатии до 0,64–0,72 МПа и теплопроводностью 0,067–0,074 Вт/(м · °С).

Список литературы

1. *Живетин В. В.* Лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург, О. М. Ольшанская. – М. : Информ-Знание, 2002. – 400 с.
2. *Herbert H. L.* Infrared Spectra of Lignin and Related Compounds. II. Conifer Lignin and Model Compounds / H. L. Herbert // J. Am. Chem. Soc. – Shelton, Washington. – March 3, 1952. – P. 405–413.
3. *Бернацкий А. Ф.* Использование отходов льнопереработки для производства теплоизоляционных изделий / А. Ф. Бернацкий, О. Е. Смирнова // Изв. вузов. Строительство. – 2007. – № 3. – С.42–46.
4. *Суслов Н. Н.* Проектирование предприятий первичной обработки лубяных волокон / Н. Н. Суслов. – М. : Легкая индустрия, 1973.– 375 с.

УДК 691.42:666.3/7

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННОГО МЕСТНОГО СЫРЬЯ

Л.Н. Тацки[*], Р.О. Повинич[**], С.Г. Лойченко[***]

Изучено влияние ударно-волновой активации на свойства шликеров из сырья местных месторождений. Установлено, что введение в шихту 20 % по сухой массе шликера из основного сырья повышает предел прочности при сжатии обожженных образцов более чем в 1,5 раза.

Керамический кирпич был и остается одним из самых востребованных стеновых материалов. Крупными производителями последнего в г. Новосибирске являются заводы ООО «Стройкерамика», ОАО «ЗСМ-7» и еще не вышедший на проектную мощность КЗ «Ликолор», работающий по пластической технологии.

Сырьевой базой указанных предприятий являются легкие пылеватые суглинки и супеси с низким содержанием глинистых фракций, умеренно- и среднепластичные, высокочувствительные к сушке и склонные к трещинообразованию, неспекающиеся [1].

Старейшим предприятием отрасли, введенным в строй в 50-е годы XX века, является ОАО «ЗСМ-7». Низкое качество сырья Клещихинского месторождения, служащего сырьевой базой, и изношенность оборудования являются причиной невысокого качества выпускаемой продукции.

Целью работы является разработка технологии, способствующей повышению качества стеновых изделий из низкосортного сырья.

[*] Канд. техн. наук, профессор НГАСУ (Сибстрин)
[**] Студент НГАСУ (Сибстрин)
[***] Студент НГАСУ (Сибстрин)

Изучен вещественный состав глинистых пород Клещихинского месторождения. Минеральный состав, установленный с использованием термогравиметрического и дифрактометрического методов, характеризуется как гидрослюдистый с примесью каолинита и хлорита. В качестве примесей выявлены кварц, полевой шпат, кальцит, органика. Кривые ДТА отдельных фракций сырья показали сосредоточение карбонатов в большей степени в пылеватой и в меньшей – в песчаной фракции.

В табл. 1 приведены гранулометрический состав и дообжиговые технологические свойства проб сырья, отобранных в различные годы.

Таблица 1

Время отбора проб	Гранулометрический состав, % по объему			Число пластичности			Линейная усадка, %	
	1,00–0,05 мм	0,050–0,005 мм	Менее 0,005 мм	φ_1, %	φ_2, %	П	Воздушная	Общая
1965*	11,75	77,75	10,50	35,2	15,4	19,8	6,2	6,9
2008	19,45	74,32	6,23	28,0	12,1	15,9	6,8	7,4
2010	19,45	75,19	6,81	27,5	12,3	15,2	5,9	6,1

Примечание. *результаты, опубликованные в [1].

Обращает на себя внимание существенное снижение в последние годы содержания глинистых частиц и величины максимальной молекулярной влагоемкости (φ_2). Отмечается несоответствие между достаточной величиной числа пластичности (П) и низкой – ММВ, что объясняется высокой дисперсностью пылеватой фракции [1]. В производственных условиях достаточно велико количество сушильного брака. Это объясняется тем, что поры сырца засорены пылевидными частицами, а прочность сырца относительно низкая.

В условиях ухудшения качества сырья и изношенности технологического оборудования «ЗСМ-7» требуется разработка мероприятий, способствующих улучшению свойств готовой продукции.

В связи с указанными ранее особенностями сырьевой базы Новосибирской области предпочтительным, на наш взгляд, является полусухой способ подготовки масс с использованием активации сырья.

Глинистую породу Клещихинского месторождения измельчали в течение двух часов в шаровой мельнице. Известна эффективность приготовления пресс-порошка шликерным способом, сопряженная, однако, с высокими топливно-энергетическими затратами [2].

Поэтому шликерной обработке подвергали только часть глинистой породы и вводили в шихты шликеры 50 %-ной концентрации в количестве 20 % по сухой массе. Для того чтобы повысить возможное содержание добавки, образцы формовали пластическим способом. В случае необходимости массы доводили водой до нормальной формовочной влажности. Шликеры готовили не только из основного сырья Клещихинского месторождения, но и из пород с большим содержанием глинистых фракций: венгеровской, бердской, каменской (табл. 2).

Таблица 2

Глинистая порода	Гранулометрический состав, % по объему			Число пластичности
	1,00–0,05 мм	0,050–0,005 мм	менее 0,005 мм	
Клещихинская	18,00	75,19	6,81	15,2
Венгеровская	9,45	58,81	31,74	27,7
Бердская	11,50	75,50	13,00	15,0
Каменская	24,30	65,60	10,10	11,5

Таким образом, апробирован механический способ активации сырья в сухом состоянии и в водной среде.

Использован ударно-волновой способ активации шликеров, оказывающий разрушающее действие по всему объему обрабатываемой суспензии. Чтобы разрушить глинистую породу, необходимо осуществить энергетическое воздействие выше критического значения. Это достижимо при наличии ударных волн, амплитуда которых превышает начальную величину в не-

сколько десятков раз. Причина такого явления связана с одновременным схлопыванием газовых пузырьков различных размеров за фронтом волны давления и резонансным излучением второй ударной волны большей мощности [3].

В работе активация шликеров осуществлялась в роторном аппарате модуляции потоков (РАМП) конструкции А. Звездина путем двукратной обработки (см. рисунок).

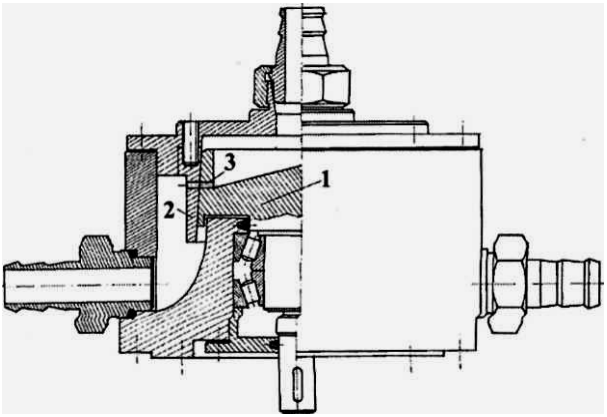


Схема роторного аппарата модуляции потоков:
1 – ротор; 2 – статор; 3 – отверстия

Цилиндрический с глухой вершиной ротор (1), закрепленный на валу, вращается за пределами цилиндрического статора (2), являющегося частью корпуса. Возникновение кавитации происходит за счет отверстий на краях ротора и статора (3), по всему радиусу их цилиндрической поверхности. При вращении ротора относительно статора происходит смена положений «отверстие – пластина», «отверстие – отверстие», за счет чего возникает кавитационный эффект. При этом материал подвергается механическому, акустическому и гидродинамическому воздействиям.

РАМП А. Звездина – компактное оборудование, которое может быть встроено в существующую технологию. Производительность – 500 л/ч, установленная мощность – 7,5 кВт, габариты, мм: 900×900×1200.

Использование РАМП А. Звездина для активации глинистых шликеров предложена Г.И. Стороженко [4]. Ранее в опытном цехе ООО «Баскей» нами выпущено 50 л активированного шликера и подтверждена эффективность его использования [5].

Сравнение микрофотографий шликера до и после ударно-волновой активации в РАМП показало, что следствием такой обработки является интенсивная диспергация и разрушение частиц гидрослюд до размеров 0,05–0,10 мкм и частичная аморфизация минералов с твердостью по шкале Мооса 5–8.

В табл. 3 приведены свойства неактивированных и активированных шликеров. Вязкость определяли на вискозиметре ВЗ-4 через 30 с и 30 мин.

Таблица 3

Глинистая порода	Вид шликера	Свойства шликеров				
		Плотность, г/см^3	Относительная влажность, %	Вязкость через, с		Коэффициент загустевания
				30 с	30 мин	
Клещихинская	Н	1,30	50,0	6,5	8,1	1,25
	А	1,45	50,0	7,1	10,0	1,43
Венгеровская	Н	1,45	50,0	9,8	25,4	2,54
	А	1,50	50,0	10,7	30,4	2,84
Бердская	Н	1,29	49,5	4,5	8,3	1,84
	А	1,30	49,5	5,2	12,5	2,41
Каменская	Н	1,48	49,8	5,1	5,9	1,16
	А	1,49	49,8	7,6	8,2	1,07

Примечание. Н – неактивированный шликер, А – активированный шликер.

Наибольшую вязкость имеют шликеры из венгеровской породы, что согласуется с максимальным, по сравнению с другими, содержанием глинистых фракций. Вязкость более 30 с че-

рез 30 мин после активации может вызывать трудности в перекачивании шликера насосом. Вязкость остальных шликеров вполне позволяет осуществлять эту операцию в производственных условиях.

Устойчивость шликеров оценивалась по кинетике осаждения твердой фазы из 100 $см^3$ суспензии с замером каждые сутки процента осветленной части (табл. 4).

Таблица 4

Глинистая порода	Вид шликера	Объем осветленной части, %	Продолжительность времени до стабилизации объема, сутки
Клещихинская	Н	32,0	8
	А	20,0	8
Венгеровская	Н	3,0	8
	А	1,0	4
Бердская	Н	17,0	5
	А	1,5	4
Каменская	Н	17,0	4
	А	5,0	3

Примечание. Н – неактивированный шликер, А – активированный шликер.

Установлено, что активация повышает устойчивость шликеров из всех рассмотренных глинистых пород. Шликер из клещихинского сырья расслаивается наиболее сильно и для стабилизации объема твердой части суспензии ему требуется максимальное время.

В табл. 5 приведены результаты испытания обожженных при 1000 °С образцов из шихт на основе клещихинского сырья с введением 20 % по сухой массе неактивированных и активированных шликеров, приготовленных из различных глинистых пород. Формовочная влажность шихт во всех случаях составляла 23 %.

Таблица 5

Шликер из глинистой породы	Вид шликера	Свойства образцов		
		Средняя плотность, г/см^3	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение по массе, %
Без шликера	–	1,91	19,27	9,0
Клещихинский	Н	1,90	29,87	10,2
	А	1,89	30,72	10,5
Венгеровский	Н	1,87	23,21	10,8
	А	1,88	20,07	10,4
Бердский	Н	1,87	17,13	10,3
	А	1,86	24,58	10,6
Каменский	Н	1,89	16,27	10,5
	А	1,85	16,58	10,8

Полученные результаты показали, что обогащение шихты шликером не всегда способствует повышению прочности образцов (см. табл. 5). Так, введение в клещихинскую шихту неактивированного шликера из бердского и каменского сырья понижает предел прочности при сжатии. Активация шликеров лишь несколько улучшает этот показатель.

Использование венгеровского шликера, содержащего максимальное количество глинистых частиц, против ожидания, также нецелесообразно, так как не дает возможности повысить рассматриваемый показатель до уровня, достигнутого при введении клещихинского шликера. Интересно, что с активированным венгеровским шликером результаты хуже, чем с неактивированным. Возможно, суглинок Венгеровского месторождения склонен к пассивации. Аналогичный эффект отмечен для сырья монтмориллонитового состава при диспергации его в струйной мельнице [6].

Лучшие результаты достигнуты при введении в шихту из клещихинского сырья шликера из этой же глинистой породы. Это способствует повышению предела прочности при сжатии в

1,5–1,6 раза. Водопоглощение повышается при этом с 9 до 10,5 % и соответствует требованиям к лицевому кирпичу.

Вопрос эффективности ударно-волновой активации для различных глинистых пород может быть предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. *Книгина Г. И.* Улучшение технологических свойств сибирских суглинков / Г. И. Книгина. – Новосибирск : Зап.-Сиб. книжное изд-во, 1966.– 74 с.
2. *Воробьев Х. С.* Производство лицевого кирпича полусухого прессования / Х. С. Воробьев, А. И. Амелин // Строительные материалы. – 1989. – № 12. – С. 13–14.
3. *Паничев А. Ю.* Обогащение и активация глинистого сырья в производстве строительной керамики / А. Ю. Паничев ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2005. – 80 с.
4. *Стороженко Г. И.* Технология производства изделий стеновой керамики из активированного глинистого сырья : автореф. дис. … д-ра техн. наук / Г. И. Стороженко. – Томск, 2000.
5. *Тацки Л. Н.* Оценка эффективности различных способов активации глинистого сырья / Л. Н. Тацки, Е. В. Машкина // Труды НГАСУ (Сибстрин), 2007. – Т. 10, № 1(39). – С. 32–38.
6. *Влияние* способов диспергирования глинистого сырья на качество кирпича / П. Н. Хорьков [и др.] // Строительные материалы. – 1983. – № 1. – С. 28–29.

УДК 69:501/502

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.Н. Филонова*

Рассмотрено экологическое законодательство России как главный фактор экологически безопасного строительства. Доказано несовершенство законодательства на современном этапе.

Строительство – одна из основных отраслей экономики, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, вызывая: загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов, почвенного покрова; огромное потребление воды; эрозию почв; активизацию опаснейших геологических процессов и т.д.

В эпоху глобального экологического кризиса достигнуть равновесия между процессом строительства и окружающей средой возможно только при формировании новой экологически безопасной и экономически оптимальной модели развития. Такой моделью является устойчивое развитие (sustainable development). Стратегия устойчивого развития базируется на «Программе действий на XXI век. Повестке дня на XXI век», которая был принята на второй конференции ООН по окружающей среде и развитию в июне 1992 года в Рио-де-Жанейро (Бразилия) [1].

Понятие «устойчивое строительство» появилось чуть позже на первой Международной конференции «Строительство и окружающая среда» в 1994 году в г. Тампа (США) [1]. Поя-

* Канд. биол. наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)

вившаяся на этой конференции концепция устойчивого строительства сейчас детально разрабатывается в Международном совете по строительству (CIB), причем экологические проблемы концепции являются приоритетными, что связано с требованиями создания высокого экологически обоснованного качества жизни.

В основу концепции устойчивого экологически безопасного строительства входят [1]:

- минимизация негативных воздействий (загрязнение, шум, вибрация, ЭМП и др.) на экосистемы на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта (ЖЦСО);
- применение малоотходных и безотходных технологий при добыче, переработке и производстве стройматериалов;
- применение экологически безопасных строительных материалов и технологий;
- сокращение отходов при строительстве, рециклинг;
- рекультивация нарушенных строительством территорий;
- всесторонний и высокоэффективный экологический контроль принимаемых технологических решений на всех стадиях ЖЦСО и т.д.

Важнейшим условием существования устойчивого экологически безопасного строительства является современная нормативно-правовая база.

Экологическое законодательство является главным фактором, воздействующим на реализацию экологической политики в любой стране. Государство с помощью законодательных норм обязано обеспечить надлежащее качество окружающей природной среды в условиях осуществления хозяйственной (в том числе и строительной) деятельности.

В России экологическое законодательство появилось еще при Петре I. Ряд его указов были направлены на охрану, рациональное использование и восстановление лесов, запрещение

хищнических способов ловли рыбы, отстрела лосей в окрестностях Санкт-Петербурга [2]. В настоящее время в России государственное управление в области природопользования и охраны окружающей среды базируется на системе законодательно-правовых и нормативных актов, которая включает более 30 федеральных законов и более 200 подзаконных актов [3].

Несмотря на обилие нормативно-правовых актов в области охраны окружающей среды и природопользования, основным источником экологического права является – Конституция РФ от 12.12.1993 г. Именно в этой Конституции впервые были сформулированы три экологических права человека (статья 42):

– право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду;

– право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды;

– право на возмещение ущерба, причиненного здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

В то же время статья 58 Конституции РФ обязывает гражданина сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов.

Положения Конституции конкретизируются в источниках экологического права – законах, указах, постановлениях. Если остановиться на основных федеральных законах РФ, то современная нормативно-правовая база природоохранной политики в строительстве включает [4]:

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.;

2. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» № 174-ФЗ от 23.11.1995 г.;

3. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52 - ФЗ от 30.03.1999 г.;

4. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 г.;

5. Градостроительный кодекс РФ № 190-ФЗ от 29.12.2004 г.;

6. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ от 24.06.1998 г.;

7. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 04.05.1999 г.;

8. Федеральный закон «О недрах» № 27-ФЗ от 21.02. 1992 г.;

9. Земельный кодекс РФ № 136-ФЗ от 25.10.2001 г.;

10. Водный кодекс РФ № 74-ФЗ от 03.06.2006 г.;

11. Воздушный кодекс РФ № 150-ФЗ от 08.07.1999 г.;

12. Лесной кодекс РФ № 200-ФЗ от 04.12.2006 г.

Помимо законов, кодексов, указов и распоряжений президента РФ по вопросам экологии и природопользования в России действуют нормативные акты министерств. Нормативные акты издаются по самым разнообразным вопросам рационального природопользования и охраны окружающей среды в виде постановлений, инструкций, строительных норм и правил и т.д. В строительстве необходимо отметить следующие подзаконные акты:

1. СНиП 11.02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения;

2. СП 11.102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства;

3. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений;

4. СНиП 12.01-2004. Организация строительства;

5. СНиП 3.01.04-87. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов.

К сожалению, в системе СНиП нет документа, нормирующего только экологические параметры, но во многих перечислены экологические требования.

Дополнительно к СНиП создают документы, где более детально нормируют параметры среды обитания (например, СанПиНы). Помимо перечисленных нормативных актов в России разрабатывают региональные строительные и экологические

нормы (РСН), в том числе временные (ВСН), строительно-технологические нормы (СТН) и технические условия (ТУ) [3].

Изложенное выше доказывает, что к началу 21 века в России сформировалась достаточно солидная экологическая нормативно-правовая база, но в последние годы прослеживается ее изменение не к лучшему, а к худшему. Приведем несколько примеров.

Основным российским экологическим законом является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г., который определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды. Данный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной (в том числе строительной) деятельности. В ходе редакции этого закона (Федеральный закон от 09.05.2005 г. № 45-ФЗ) в статье 34 появились изменения. В настоящее время можно только по решению суда приостановить деятельность, если будут нарушены требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервации, ликвидации зданий, строений, сооружений [6]. Раньше быстрее справлялись с нарушителями, так как согласно этому закону от 2002 г. могли приостанавливать деятельность по предписанию органов исполнительной власти, осуществляющих государственное управление в области охраны окружающей среды [5].

В данном законе произошли изменения и в статье 35. Утратили силу пункты 2 и 3 с 1.01.2007 г. (Федеральный закон от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ). Остался только п. 1: при размещении зданий, строений, сооружений и иных объектов должно быть обеспечено выполнение требований в области охраны окружающей среды, восстановления природной среды, рационального использования природных ресурсов, обеспечения экологической безопасности. Однако с 2007 г. можно выбирать места для размещения зданий и сооружений без положительного заключения государственной экологической экспертизы (ГЭЭ). Также,

если ранее размещение зданий и сооружений затрагивало законные интересы граждан, то решение принималось с учетом результатов референдумов, проводимых на соответствующих территориях, то сейчас получается, согласно закону в редакции, мнение граждан не учитывается и никого не волнует.

Напомним, что обязательная (государственная) экологическая экспертиза строящихся объектов в нашей стране была отменена 1 января 2007 года в связи с изменениями в Градостроительном Кодексе РФ. Были отменены 10 обязательных экспертиз (в том числе экологическая, санитарно-эпидемиологическая, пожарная) и была введена одна – единая государственная экспертиза. Таким способом депутаты Госдумы решили свести к минимуму бюрократические процедуры при жилищном строительстве, чтобы увеличить объемы строительства и помочь в реализации национального проекта «Доступное жилье».

С тех пор работники Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и независимые эксперты регулярно выступают с критикой нового порядка, при котором строительство становится весьма опасным для окружающей среды мероприятием. Например, Ростехнадзор направил в правительство проект изменений в закон об экологической экспертизе и Градостроительный Кодекс. Благодаря этому, в российское законодательство вернулась обязательная экологическая экспертиза проектной документации объектов, которые планируется строить на особо охраняемых природных территориях (ст. 49 Градостроительного Кодекса от 29.12.2004 г. в ред. Федерального закона от 16.05.2008 № 75-ФЗ).

По России можно привести немало примеров, когда нарушается данная статья кодекса. Без проведения государственной экологической экспертизы началось строительство совмещенной дороги Адлер – Красная Поляна (автомобильная и железная) [7]. Это самый масштабный и дорогостоящий олимпийский проект. Ее стоимость сопоставима с затратами на строительство всех остальных объектов сочинской Олимпиады-2014 – не менее 260 млрд рублей. В качестве «инвестора» данного про-

екта Правительством РФ было назначено ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»).

Олимпийская спешка вынуждает ОАО «РЖД» грубо нарушать природоохранные законы и нормативы. На особо охраняемой природной территории Сочинского национального парка ведется интенсивная вырубка уникального леса под многочисленные промышленные площадки. Необходимо отметить, что работы по строительству дороги начались еще в 2008 году без утвержденной проектной документации и без положительного заключения ГЭЭ. Данный проект был одобрен ГЭЭ только в конце 2009 года, но к этому времени претерпел значительные изменения. Согласно законодательству РФ, после изменения проектной документации ранее выданное положительное заключение ГЭЭ утрачивает силу, следовательно, работы проводились и сейчас ведутся незаконно.

Экологическая вахта по Северному Кавказу и ученые-экологи уже давно бьют тревогу по этому поводу, активно информируя контролирующие органы, правительство РФ и общественность [7]. Однако, несмотря на нанесение ценным природным комплексам ущерба в особо крупном размере, Росприроднадзор и прокуратура не принимают действенных мер для остановки строительства. Вместо возбуждения уголовных дел контрольные органы в отношении нарушителей применяют только административные меры воздействия, и те отделываются незначительными штрафами.

Итак, вышеизложенное доказывает, что совершенствовать экологическую нормативно-правовую базу необходимо, но это невозможно без формирования экологической культуры и высокого уровня социально-экономического развития общества. Уже недостаток первого и второго в России привел к противоречиям в современном экологическом законодательстве, что не соответствует «Экологической доктрине РФ» (от 31.08.2002 г. № 1225р), стратегически поддерживающей не только экологическую безопасность страны, но и целостность природных систем. Также в России на данный момент отсутствуют и действен-

ные механизмы реализации положений экологического законодательства. В дальнейшем это приведет к невозможности осуществления строительной деятельности в рамках экологической безопасности и охраны окружающей среды на территории РФ, в том числе и в Новосибирской области.

Список литературы

1. *Передельский Л. В.* Строительная экология / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 320 с.
2. *Глушкова В. Г.* Экономика природопользования / В. Г. Глушкова, С. В. Макар. – М. : Гардарики, 2005. – 448 с.
3. *Алексашина В. В.* Законодательно-правовые, экономические и административные механизмы природоохранной политики в промышленном строительстве и производстве России и за рубежом. ВНИИНТПИ / В. В. Алексашина // Строительство и архитектура. Сер. Промышленные и с/х комплексы, здания и сооружения : экспресс-информ. – 2008. – № 1. – С. 104–124.
4. *Филонова Е. Н.* Экология. Ч. 2. Прикладная экология // Е. Н. Филонова. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2010. – 112 с.
5. *Федеральный* закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.
6. *Федеральный* закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. в ред. Федерального закона от 09.05.2005 г. № 45-ФЗ и Федерального закона от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ.
7. *Рудомаха А. В.* О критической ситуации с проектом совмещенной дороги Адлер – Красная Поляна [Электронный ресурс] / А. В. Рудомаха. – Режим доступа: www.ewnc.org/node/4615

УДК 556.11; 504.45.06(075.8)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕРРИГЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОТМЕЛОМ УСТЬЕВОМ ВЗМОРЬЕ

Н.В. Синеева*

Рассматриваются некоторые вопросы распространения терригенного материала на отмелом устьевом взморье, являющимся основной зоной аккумуляции наносов в устьевых областях рек, впадающих в моря.

Устьевая область реки – это особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем, обладающий свойственной только ей спецификой (рис. 1).

Рис. 1. Фотография устьевой области реки, впадающей в море

* Канд. техн. наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)

Специфика устьевых областей рек объясняется рядом причин. В устьях рек сталкиваются противоположно направленные потоки вещества и энергии. На относительно небольших пространствах отмечаются большие горизонтальные и вертикальные градиенты гидрофизических и гидрохимических характеристик. Устья рек – зоны аккумуляции терригенного материала, выносимого реками с территории водосборов за счет сочетания ряда факторов (средняя высота водосборного бассейна, интенсивность выветривания, особенности геологии). Здесь накапливаются многие загрязняющие вещества, которые являются причиной локального изменения компонентов окружающей среды, что связано с расположением в бассейне рек промышленных комплексов [1]. При этом загрязняющие вещества могут явиться впоследствии причиной вторичного загрязнения водной среды, обусловленного как естественными, так и техногенными причинами.

Основной зоной аккумуляции наносов, где происходит накопление практически всей транзитной части аллювия, выносимого реками к их устьям (около 90 %), является устьевое взморье (рис. 2). Доказательства быстрого осаждения осадочного материала на границе «река-море» могут быть получены при сопоставлении концентрации взвеси: среднее содержание речной взвеси находится в пределах от 100 до 10 000, а за пределами барьера (устьевого взморья) – от 0,1 до 1 мг/л. Таким образом, на барьере происходит снижение содержания осадочного вещества в воде в 100–1000 и более раз.

Устьевые процессы определяются *природными и антропогенными* (прямыми и косвенными) факторами [3]. *Природные* факторы подразделяются на *речные* (сток воды; уровни воды в реке; физические и химические свойства речной воды; речная биота; сток взвешенных и влекомых наносов и др.), *морские* (уровни воды в море; сгонно-нагонные и приливные явления; ветровое волнение; морские течения; физические и химические свойства морской воды и др.) и *местные* – физико-географические. *Антропогенные* факторы подразделяются на оказывающие *непосредственное* и *косвенное* влияние на устьевые процессы.

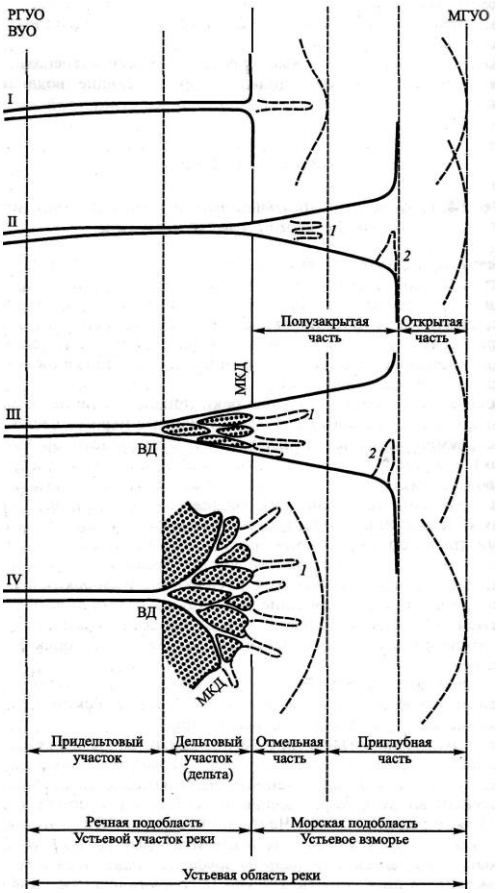


Рис. 2. Схемы устьевых областей рек разного типа
и их районирование.
Устьевая область: I – простая; II – эстуарная;
III – эстуарно-дельтовая; IV – дельтовая;
1 – подводные русла на устьевом взморье;
2 – блокирующие косы;
РГУО (ВУО) – речная граница (вершина) устьевой области;
МГУО – морская граница устьевой области;
ВД – вершина дельты; МКД – морской край дельты

К первым относятся водохозяйственные и гидротехнические мероприятия, т.е. углубление, выправление, спрямление, перекрытие дельтовых водотоков, углубление и выправление устьевых баров, сооружение защитных молов в устьях водотоков, обвалование русел, сооружение судоходных каналов, шлюзов, противонагонных плотин и т.д. Ко вторым относятся хозяйственные мероприятия в бассейне реки, влияющие на уже упомянутые речные факторы устьевых процессов (это, например, преобразование поверхности речного бассейна, регулирование и изъятие стока воды и т.д.).

В системе «река-море» устьевая область как область смешения речных и морских вод имеет масштабы, измеряемые как десятками метров, так и десятками, а иногда и сотнями километров. Ритм изменчивости гидродинамического режима задают приливы, сезонные вариации речного стока и ветра. Внутри области смешения речных и морских вод существуют собственные гидродинамические, физико-химические и биологические процессы, характеризующиеся большой изменчивостью во времени и пространстве. Например, пресноводный сток образует направленный к морю поток в верхнем слое вод, а нижний слой водной толщи занят морской водой, поток которой направлен в сторону суши [2].

В пресноводной части устьевой области (солесодержание менее 1 $^{0}/_{00}$) характерны обычные для реки содержания взвеси (до 95 % от их общего содержания). При этом терригенные частицы крупнее 2 мкм осаждаются по гидродинамическим законам (замедление течения воды, что приводит к осаждению крупных частиц). Главная часть взвеси речной воды, состоящая из терригенных частиц менее 2 мкм, осаждается на начальных стадиях смешения в пределах изменения солесодержания от 1 до 5 $^{0}/_{00}$, что объясняется процессом коагуляции тонких глинистых частиц под воздействием электролита – морской воды (рис. 3). Именно здесь возникает уникальный участок, где концентрация взвеси намного выше, чем в реке, – так называемая иловая пробка, которая чаще возникает в интервале солесодержания от 2 до 7 $^{0}/_{00}$ [2].

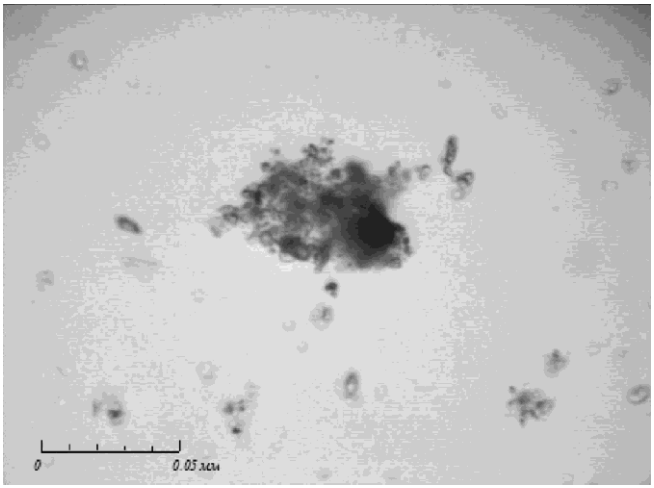


Рис. 3. Водный раствор с солесодержанием 2 $^{0}/_{00}$
при начальной концентрации частиц 1000 г/м^3

Низкие температуры, характерные для устьевых областей рек северо-восточного сектора РФ, оказывают замедляющее действие на процесс коагуляции. Перемешивание водного потока оказывает небольшой эффект на процесс коагуляции: положительный – при спокойном перемешивании, и отрицательный – при резком перемешивании [4].

Однако взвешенные терригенные частицы, выносимые реками в моря, далеко не во всех случаях подвергаются коагулирующему действию солей морской воды, а именно: при относительно низком содержании взвесей (порядка нескольких десятков мг/л).

С другой стороны, при максимальном содержании взвесей, достигающем в отдельных реках значений порядка нескольких г/л, коагуляция протекает практически полностью и за срок менее 1 ч.

Таким образом, коагуляция выносимых реками взвесей в морской воде особенно проявляется в период паводка, т.е. во время наибольшего содержания в реке взвесей. При этом процесс коагуляции будет протекать в первые моменты соприкосновения пресных вод с морскими, так как по мере удаления в море, хотя солесодержание смеси будет возрастать, концентрация взвесей будет понижаться.

Список литературы

1. *Экологическое* состояние устьевых областей рек России и концепция гидроэкологического мониторинга / В. Н. Коротаев [и др.] // Эрозионные и русловые процессы : материалы координационных совещаний вузов. – М. : МГУ, 1996. – Вып. 2. – С. 217–241.
2. *Михайлов В. Н.* Проникновение осолоненных вод в устье Яны / В. Н. Михайлов, Д. Б. Бабич // Труды ГОИН. – М., 1991. – Вып. 198. – С. 140–156.
3. *Михайлов В. Н.* Устьевые области рек: гидроэкологические проблемы и пути их решения / В. Н. Михайлов // Эрозионные и русловые процессы : материалы координационных совещаний вузов 1991–1995 гг. – М. : МГУ, 1996. – Вып. 2. – С. 210–217.
4. *Скопинцев Б. А.* О коагуляции терригенных взвешенных частиц речного стока в морской воде / Б. А. Скопинцев // Доклады гос. океанографического инст. – М., 1945. – С. 1–15.

УДК В27.23.004.58

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ XXI СТОЛЕТИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Г.Г. Чибряков*

Из отечественной практики проектирования, изготовления и монтажа нового поколения платформ для добычи нефти и газа в северных морях, удовлетворяющих требованиям ледостойкости и хладостойкости конструкций.

Известно, что наша страна богата природными ресурсами, которые являются важным фактором в экономике страны. Главные природные богатства России сосредоточены на севере, в том числе 93 % российского газа и 73 % нефти [1].

Однако при этом сокращение запасов газа и нефти на территории России уже превысило 50 %. Еще в 1993 году большая группа нефтяников сумела убедить правительство в необходимости создания интегрированных нефтяных компаний. Они организовани более 10 крупных нефтяных компаний, в том числе «ЛУКОЙЛ», «ЮКОС», «Тюменская нефтяная компания», «Сибнефть», «Татнефть» и др. На их долю сейчас приходится около 80 % запасов нефти России. Добыча и распродажа за рубеж идет быстрее, чем прирост, нефти хватит, по мнению ученых, всего на ближайшие 20–25 лет. Поэтому на сегодня наиболее экономически обоснованными являются Арктические шельфы Штокмановского и Приразломного месторождений по которым были приняты федеральные законы, разрешающие их разработку до 2050 годов. Приразломное нефтяное месторождение было открыто в 1989 году (оно расположено на шельфе Печорской губы, в 60 км от берега пос. Варандей). Максимальные

* Канд. техн. наук, профессор НГАВТ (Новосибирск)

объемы добычи нефти на нем запланированы с 2010–2012 годов, а совокупный эффект для государства от реализации проекта составит 6,8 млрд долларов.

Возможность получения намеченной прибыли от добычи нефти будет реальной благодаря созданию в Северодвинске для месторождения «Приразломная» первой отечественной уникальной ледостойкой и хладостойкой морской платформы. Общий объем капитальных вложений в создание платформы составил 800 млн долларов.

Интересен своей новизной состав платформы, состоящей из опорного основания (кессона), являющегося и временным хранилищем нефти, промежуточного и технологического блоков, а также верхнего строения с жилым блоком (рис. 1, 2).

Рис. 1. Морская ледостойкая стационарная платформа [2]

Основные технические данные стационарной платформы:

• Стальной кессон (нефтехранилище):

габариты – 126×126×23,4 м; вес – 70430 т; объем хранилищ – 160000 м^3; нефть – 14 танков (132000 м^3); вода – 2 танка (28000 м^3).

• Верхнее строение «Hutton TLP»:

вес – 39086 тонн; одна буровая вышка; 40 колодцев для скважин; отгрузка нефти – прямая погрузка на танкер (2 отгрузочные станции) – 7000–10000 тыс. м^3/ч.

• Период пополнения запасов:

для персонала – 14 сут.; для буровых работ – 40 сут.; расходных материалов для технологических и вспомогательных целей – 60 сут.

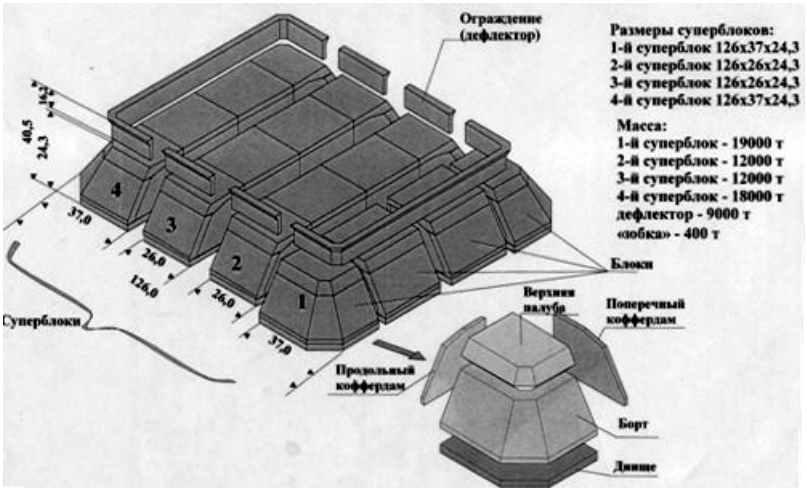


Рис. 2. Разбивка на элементы основания платформы [2]

Координацию всех работ по проектированию, строительству и монтажу платформы уникальной стальной гравитационной ледостойкой и хладостойкой платформы выполнила компа-

ния ЗАО «Севморнефтегаз», возглавляемая выпускником Сибстрина 1961 г., канд. техн. наук И.Н. Черновым. Напомним, что в 1960-е годы в НИСИ им. Куйбышева на кафедре металлических конструкций д-ром техн. наук, профессором А.В. Сильвестровым была создана «Сибирская школа хладостойкости металлов». Под его руководством была собрана большая картотека отказов элементов стальных конструкций, произошедших при отрицательных эксплуатационных температурах, при этом были выявлены закономерности их возникновения.

По тематике, связанной с этой важной проблемой, его аспиранты защитили свыше 15 диссертаций, результаты исследований которых были внедрены в нормативные и справочные документы. Среди научных работ кафедры металлоконструкций по этой тематике следует отметить исследования: д-ра техн. наук, профессора А.В. Сильвестрова, д-ра техн. наук, профессора С.Д. Шафрая, канд. техн. наук Р.Г. Шагимарданова, канд. техн. наук Е.А. Мойсейчика, канд. техн. наук, профессора Г.Г. Чибрякова, канд. техн. наук, профессора А.И. Репина и др.

Особые природно-географические условия Арктики потребовали применения принципиально новых уникальных не только конструкций платформы, но и технологий по производству работ.

Природные условия в районе месторождения поражают своей «суровостью»: минимальная наружная температура – 50 °С; холодные период – 230 сут.; скорость ветра – до 40 м/с; высота волн – до 12 м; толщина льда – до 2 м.

Поэтому для обеспечения надежности в эксплуатации платформы были применены как высокопрочные материалы и хладостойкие конструктивные из них формы, так и эффективные их сопряжения в единую систему.

Примечательно, что «Северморнефтегаз» закупил новейшие конструкции верхнего строения платформы Hutton TLP. А для обеспечения круглогодичной эксплуатации платформы и транспорта нефти, в условиях повышенных ледовых нагрузок и небольших глубин, впервые в мировой практике создал специализированные челночные танкеры ледового класса дедвейтом

80 тыс. т, а также уникальную систему перегрузки сырья с платформы на танкер.

Строительство платформы было начато в 1998 г. на ФГУП ПО «Севмаш». Опорное основание платформы изготавливалось по проекту зарубежной фирмы. В изготовление крупноразмерных элементов платформы и их поставки к месту сборки принимали участие специализированные предприятия Мурманска, судоверфи Северодвинска и других городов.

Собранное основание во второй половине 2004 г. было отбуксировано МЛСП из бухты Северодвинска и установлено на месторождении.

Транспортировка нефти от платформы до залива Печенга по маршруту протяженностью около 1100 км осуществляется челночными танкерами ледового класса дедвейтом 80 тыс. т, с ледокольным сопровождением в зимний период. С нефтехранилища сырье отгружается на линейные танкеры дедвейтом 150–170 тыс. т для экспорта в Роттердам или в Северо-Американский континент.

Подобные технологии применены и на Штокмановском газоконденсатном месторождении (отбор газа рассчитан на 50 лет, с 2000–2050 гг.), отбор газа за это время предусмотрен в объеме 2356 млрд $м^3$. Основные характеристики проектируемой платформы для добычи газа на этом месторождении: масса верхнего строения – 50 000 т, масса опорного основания 53 000 т, водоизмещение – 184 000 т.

Особенности условий размещения платформы для добычи газа: максимальная высота волн – 17,5 м; масса айсбергов – до 600 тыс. т; скорость дрейфа айсбергов – 0,25 м/с; толщина однолетнего ровного дрейфующего льда – 1,2 м; скорость дрейфа льда – 1,0 м/с; рельеф дна холмистый.

В качестве основного технологического элемента для организации добычи газа Штокмановского месторождения была выбрана ледостойкая и хладостойкая цельнокорпусная платформа типа TLP. Такая полупогружная ледостойкая и хладостойкая конструкция с натяжными связями будет строиться впервые в мировой практике.

Для повышения устойчивости платформы к ледовым нагрузкам в дополнение к вертикальным будут применены и боковые натяжные связи.

Штокмановское газоконденсатное местонахождение, являющееся одним из крупнейших в мире, открыто в 1988 году на шельфе Баренцева моря в 600 км к северо-востоку от г. Мурманска.

Конструкции его платформы в стадии изготовления.

Приведенная информация о проектировании, изготовлении и применении новейших технологий необходима для будущих специалистов в области гидротехнических и строительных металлоконструкций.

Список литературы

1. *Жириновский В. В*. Государство и нефтяной бизнес в России / В. В. Жириновский // Аналитический журнал «Нефтегазовая вертикаль». – № 4. – 2004. – С. 4–5.
2. *Чернов И. Н*. Первый отечественный проект по освоению ресурсов Арктического шельфа / И. Н. Чернов // Спецвыпуск «Севморнефтегаз». – М., 2001. – С. 9–28.

ПЕДАГОГИКА, ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

УДК 378.147

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО КУРСА ПО ЭКОЛОГИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Э.Г. Скибицкий[*], Т.И. Круне[**]

Определяется понятие «учебный модуль», предлагается использовать модульный подход при построении структуры и содержания интегрированного курса по экологии для студентов строительных специальностей.

Нарастающая информатизация современного общества приводит к необходимости создания информационно-образовательного пространства, в котором содержательная учебная информация (СУИ) в необходимом и достаточно полном объеме будет представлена в различных формах и доступна для студента. В качестве таких форм предъявления (СУИ), на наш взгляд, может выступать интегрированный курс (ИК), построенный на основе принципов интеграции.

В основу разработки курса положен модульный подход. Сущность дидактического процесса на основе модульного подхода состоит в том, что содержание обучения структурируется во взаимосвязанные организационно-методические блоки (модули). Центральным термином теории модульного обучения является понятие «модуль». Несмотря на достаточную «зрелость» модульного обучения, существуют различные точки зрения на понимание модуля и технологии его построения как в плане структурирования содержания обучения, так и разработки форм и методов обучения. Термин «модуль» определяется в справоч-

[*] Д-р пед. наук, профессор НГАСУ (Сибстрин)
[**] Аспирант НГАСУ (Сибстрин)

ной литературе как «функционально законченный узел, оформленный конструктивно как самостоятельное изделие». Г.В. Лаврентьев определяет модуль как основное средство модульного обучения, которое является законченным блоком информации, а также включает в себя целевую программу действий и методическое руководство, обеспечивающее достижение поставленных дидактических целей [1]. В исследовании мы будем придерживаться точки зрения Г.В. Лаврентьева, так как она наиболее полно отвечает задачам нашей работы. В модульном подходе важным отличительным преимуществом является детально спланированная, соотнесенная с потребностями рынка занятости, диагностично заданная цель обучения с покомпонентным описанием пути ее достижения и способов проверки ее достижения. Цель задается как результат, которого должен достичь обучающийся, как деятельность, которую он сможет выполнять после окончания обучения [2]. С учетом вышесказанного для студентов инженерно экологического факультета был разработан интегрированный курс по учебной дисциплине «Экология». В соответствии с принципом модульности курс разделен на три укрупненных учебных модуля (рис. 1).

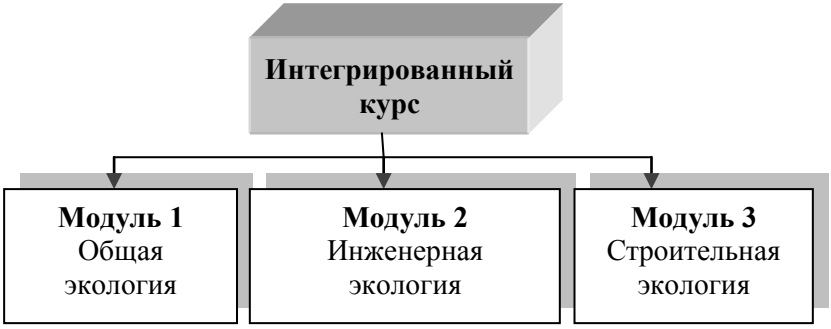


Рис. 1. Внутренняя структура интегрированного курса

Первый модуль – «Общая экология» позволяет сформировать у студентов ИЭФ общие экологические представления, которые необходимы перед началом изучения специальных дисциплин. Второй модуль – «Инженерная экология» рассматрива-

ет основные понятия инженерной экологии и методологию формирования инженерно-прикладных решений на всех стадиях жизненного цикла промышленной, производственной и хозяйственно-бытовой жизнедеятельности человека. При разработке инженерно-технических мероприятий в области охраны окружающей среды студенты должны опираться на знания, приобретенные в ходе изучения первого модуля. Третий узкоспециализированный модуль – «Строительная экология». Строительная отрасль является одной из самых эффективно развивающихся отраслей на сегодняшний день, именно поэтому давление со стороны строительного техногенеза на все экосистемы и биосферу в целом неуклонно растет. Информация, входящая в третий модуль, позволит студентам строительного вуза успешно выполнить последний экологический раздел дипломного проекта, где студенты должны запроектировать и внедрить в практику архитектурно-планировочные, инженерно-технические, инженерно-экологические мероприятия в области охраны окружающей среды при организации строительного производства, обосновать экономическую оценку эффективности природоохранных мероприятий.

Каждый модуль имеет свою структуру, отражающую основные элементы (рис. 2).

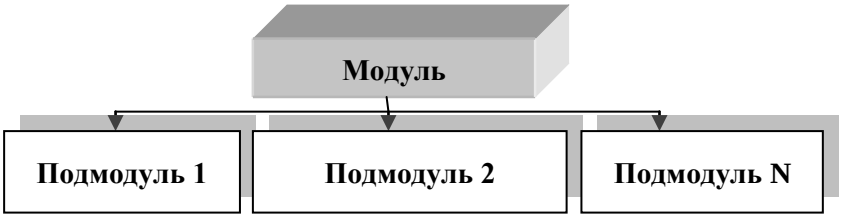


Рис. 2. Внутренняя структура модуля

Модуль в нашем представлении есть учебный элемент в форме стандартного пакета, состоящего из подмодулей, которые соответствуют основным тематическим разделам модуля. В свою очередь подмодуль может включать в себя несколько модульных единиц, каждая из которых содержит описание одной законченной операции или приема (рис. 3).

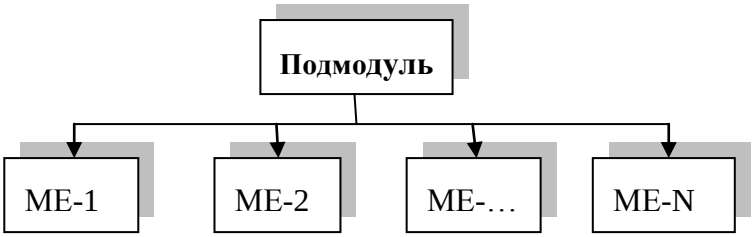


Рис. 3. Внутренняя структура подмодуля

Модульные единицы (МЕ) могут расширять и дополнять содержание подмодуля и в целом самого модуля, в зависимости от требований конкретной профессиональной деятельности. Другими словами, все компоненты модульного пакета не являются жестко фиксированными и могут варьироваться в зависимости от подготовленности студентов, ступени образования, уровня образованности и т.д. Каждая модульная единица интегрированного курса состоит из определенных модульных элементов (МЭ). В нашем исследовании в составе обучающей модульной единицы выделены следующие модульные элементы: информационный, исполнительский, контролирующий, методический.

1. Информационный МЭ содержит: теоретический материал, подлежащий изучению (тема лекции); глоссарий; список основной и дополнительной литературы по данной тематике; методические указания по усвоению данного теоретического материала.

2. Исполнительский МЭ содержит: банк типовых, комплексных и ситуационных задач; описания лабораторных и практических работ, а также задания на типовые расчеты и курсовые проекты (работы); методические рекомендации по их выполнению для отработки практических навыков и умений.

3. Контролирующий МЭ содержит: системы тестов; контролирующие вопросы; методические указания по оценке усвоения знаний, умений и навыков.

4. Методический МЭ содержит: рекомендации по проведению занятий с описанием конкретных методик; указания по работе с модульными элементами в учебное и внеучебное время.

При построении содержания интегрированного курса по экологии мы опирались на известную систему принципов в педагогике (Ю.К. Бабанский, В.А. Сластенин, П.И. Пидкасистый, Г.В. Лаврентьев и др.). На наш взгляд, основополагающими для построения интегрированного курса являются следующие принципы: профессиональная направленность, модульность, интеграция, проблемность и вариативность (рис. 4).

Данная схема показывает, что принцип профессиональной направленности является системообразующим. Для его реализации используются вышеперечисленные принципы. Рассмотрим кратко их содержание.

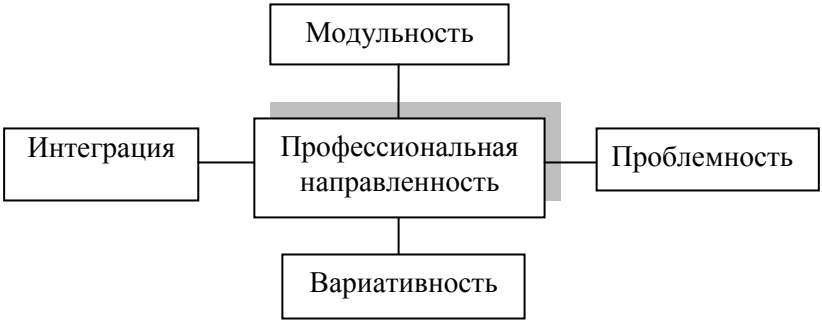


Рис. 4. Система принципов построения содержания интегрированного курса

Профессиональная направленность знаний заключается в создании условий более быстрого развития студента в строительном вузе. Для большей эффективности усвоения разработанного нами интегрированного курса по экологии обучение должно быть основано на использовании взаимосвязей со специальными техническими дисциплинами и базироваться на рассмотрении конкретных процессов и явлений к будущей профессиональной деятельности студента.

Принцип модульности состоит в том, что обучение строится по отдельным функциональным узлам – модулям, предназначенным для достижения конкретных дидактических целей. Содержание и объем модулей в свою очередь варьируются в за-

висимости от профильной и уровневой дифференциации студентов. Принцип модульности предполагает, что студент самостоятельно может работать с предложенной ему индивидуальной учебной программой, включающей в себя целевую программу действий, банк информации и методическое руководство по достижению поставленных целей. При этом педагог может выполнять функции от информационно-контролирующих до консультативно-координирующих.

По мнению Г.В. Лаврентьева, принцип модульности обеспечивается соблюдением следующих педагогических правил: во-первых, учебный материал следует конструировать в виде модульной программы интегрированного курса так, чтобы обеспечивалось достижение дидактических целей каждым студентом; во-вторых, учебный материал, охватываемый модулем, должен структурироваться по блокам так, чтобы существовала возможность конструировать единое содержание обучения из отдельных модулей; в-третьих, совокупность блоков, имеющих отдельные частные цели, должна подчиняться интегрированной дидактической цели.

Принцип интеграции. Данный принцип используется для объединения нескольких учебных дисциплин, блоков, модулей для реализации поставленной цели – формирование профессиональной компетентности студентов инженерно-экологического факультета. Сущность принципа интеграции заключается в достижении согласованности, уравновешенности, профессиональной единой направленности и взаимного усиления компонентов образования при сохранении их самоценности и автономности [3]. В настоящее время предметная система не формирует понимание необходимости всех учебных дисциплин для подготовки к будущей профессиональной деятельности. Существующие межпредметные барьеры формируют разорванные знания о мире, в то время как межпредметная значимость содержания учебной информации позволяет установить состав и целесообразную последовательность ее изложения. Разработанный нами интегрированный курс по учебной дисциплине «Экология» создает возможность ее синхронного изучения с позиции

инженерного и строительного аспекта. Следует отметить, что существующие связи между отдельными модулями дисциплины стимулируют познавательную активность, формируют мыслительные способности, а также развивают умения комплексного использования экологических знаний в своей будущей инженерной деятельности. Таким образом, студенты видят смысл изучения гуманитарной дисциплины в цикле профильных технических дисциплин.

Принцип проблемности отражает психолого-педагогическую закономерность, согласно которой эффективность усвоения учебного материала повышается, если вводятся такие стимулирующие звенья, как проблемная ситуация, практическая направленность. Этот принцип реализуется через постановку и решение проблем, в основном при формировании информационного модульного элемента. В целом данный принцип, направленный на активизацию познавательной деятельности студентов, способствует формированию мотивации учения и развитию творческого отношения к деятельности.

По мнению Г.В. Лаврентьева, принцип проблемности реализуется в следующих правилах: во-первых, обучение должно строиться на основе проблемного подхода к усвоению знаний; во-вторых, нужно ясно показывать студентам возможности переноса знаний из одной сферы деятельности в другую, что и обеспечивается в нашем случае междисциплинарным построением содержания модулей; в-третьих, в программе интегрированного курса (модульной программе) необходимо точно указать комплексную дидактическую цель, которую студент должен понять и осознать как «личнозначимый» и ожидаемый результат.

Принцип вариативности. Данный принцип в литературе называют еще принципом «гибкости». Рассматриваемый принцип требует построения модулей интегрированного курса таким образом, чтобы легко обеспечивалась возможность их приспособления к особенностям профессиональной специализации студентов. Так, при изменении требований, предъявляемых студентам (будущим специалистам) можно легко менять структуру

и содержание курса, поскольку структурные элементы нашего продукта не являются жестко фиксированными. Адаптивность курса очень удобна при двухуровневой системе образования, так как можно регулировать глубину и объем учебного материала в зависимости от потребностей профессиональной подготовки студентов. Данный принцип имеет еще одну особенность, которая заключается в разнообразии методов и форм усвоения содержания модуля. Это могут быть как традиционные методы и формы обучения, так и интерактивные (активные). Таким образом, принцип вариативности необходим для реализации системообразующего принципа профессиональной направленности, так как гибкая модель ИК позволяет учитывать актуальные на данный момент потребности профессиональной подготовки студента.

В заключение необходимо ответить, что применение модульного подхода при организации учебного процесса заключается не в простом соединении содержания, оформленного в модули, и не в алгоритмизированном порядке действий педагога и студента, а в таком уровне организации учебного процесса, который придает ему целостность и управляемость, что очень удобно при переходе на двухуровневую систему образования.

Список литературы

1. *Лаврентьев Г. В.* Слагаемые технологии модульного обучения : учеб. пособие / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева. – Барнаул : Из-во Алт. гос. ун-та, 1994. – 128 с.
2. *Данилов В. Д.* Дифференцированный подход в обучении и его использование на педагогической практике : пособие для педагога / В. Д. Данилов, Н. Н. Комиссаров. – М., 2002. – 128 с.
3. *Тихонкина Н. Г.* Моделирование процесса интеграции психолого-педагогической составляющей в содержании высшего технического образования : автореф. дис. … канд. пед. наук / Н. Г. Тихонкина. – Новосибирск, 2000. – 16 с.

УДК 628.12/14

ПОВЫШЕННАЯ ВИБРАЦИЯ НА НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ № 17 (КНС-17) МУП «ГОРВОДОКАНАЛ» г. НОВОСИБИРСКА

А.В. Балыгин*

Проведено обследование напорных трубопроводов канализационной насосной станции № 17 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска. Определено, что причиной повышенной вибрации участка напорных трубопроводов является его работа в условиях резонанса. Даны рекомендации по устранению резонансной вибрации различными способами. После проведения реконструкции участка напорных трубопроводов КНС № 17 величину вибрации удалось снизить до допустимого уровня.

В марте 2010 г. от МУП «Горводоканал» поступила заявка на обследование напорных трубопроводов КНС-17, работающих с повышенной вибрацией. КНС-17 осуществляет перекачку хозяйственно-бытовых стоков от Советского, Первомайского районов г. Новосибирска и г. Бердска в самотечный коллектор в районе ул. Автогенной с геометрической высотой подъема ~65 м (в зависимости от уровня воды в приемном резервуаре). В машинном зале установлено 6 насосных агрегатов с однорядным расположением, консольного типа, марки СД 2400/75,

* Канд. техн. наук, доцент НГАСУ (Сибстрин)

n = 750 об/мин, диаметром рабочего колеса 910 мм. Забор сточных вод осуществляется насосами их приемного резервуара по индивидуальным всасывающим трубопроводам диаметром 800мм, которые затем через концентрические переходы сужаются до диаметра 500 мм. С напорной стороны к насосам подведены стальные напорные трубопроводы диаметром 500 мм с установленными на них задвижками диаметром 500 мм и обратными клапанами диаметром 600 мм. Напорные трубопроводы от насосов врезаны в общий напорный коллектор диаметром 1000 мм с расположенными на нем 4 задвижками (2 задвижки диаметром 1000 мм и 2 задвижки диаметром 800 мм). От напорного коллектора сточная вода подается в два напорных водовода диаметром 1000 мм, вертикально врезанных в напорный коллектор. Напорные трубопроводы от насосов и напорный коллектор располагаются в подпольных каналах машинного зала на бетонных опорах.

Регулирование производительности КНС-17 осуществляется числом включенных насосов, а также дросселированием напорными задвижками.

В апреле-мае 2010 г. были проведены замеры уровня вибрации (виброскорости) совместно с виброгруппой отдела главного механика МУП «Горводоканал» на напорных трубопроводах КНС-17. Замеры производились при работе различных групп насосов, различного количества совместно работающих насосов и при разделении потоков в напорном коллекторе секущими задвижками.

Уровни вибрации замерялись на вертикальных участках левого и правого напорных водоводов, на корпусе насосных агрегатов, в характерных точках: поворотах потока, тройниках, на середине прямолинейных участков, между опорами. Замеры производились в трех ортогональных направлениях: вертикальном, горизонтальном и осевом.

По результатам проведенных замеров уровня вибрации был сделан вывод, что максимальная вибрация 55 мм/с (при допустимой 15 мм/с [1]), наблюдается на середине вертикального участка правого напорного водовода в поперечном направлении. Повышенный уровень вибрации (29 мм/с) зафиксирован также на правом участке напорного коллектора. При проведении замеров установлено, что максимальные уровни вибрации имели место при совместной работе насосного агрегата № 1 и насосного агрегата № 2, ближайших к правому водоводу. В результате замеров вибрационных нагрузок была установлена частота вибрации, которая составила f = 50 Гц, что соответствует лопаточной частоте насосного агрегата.

$$f = \frac{imn}{60} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 750}{60} = 50 \text{ Гц},$$

где i – номер низшей наиболее опасной гармоники;

m – число лопаток рабочего колеса насоса;

n – число оборотов рабочего колеса насоса, об/мин.

Поскольку на самих насосных агрегатах уровень вибрации не превышает 4–6 мм/с, на напорных трубопроводах от насосных агрегатов до коллектора максимальный уровень вибрации не превышает 10 мм/с, при этом на середине вертикального участка правого напорного водовода уровень вибрации достигает 35–55 мм/с, можно сделать предположение о том, что вертикальный участок правого напорного водовода находится в резонансных условиях работы, т.е. собственная частота колебаний данного участка трубопровода находится рядом с частотой гидродинамической пульсации потока перекачиваемой жидкости. Резонансная зона имеет определенную ширину, при которой вибрация может сохранять значительную величину [2].

$$0{,}75 < \frac{f}{f_0} < 1{,}3,$$

где f – возмущающая частота

f_0 – собственная частота системы.

Для подтверждения предположения о возникновении резонанса на правом напорном водоводе был произведен расчет собственных частот участка напорного коллектора и правого напорного водовода, ограниченных опорами.

Учитывая сложную геометрию и условия закрепления трубопроводов, при определении собственных частот использовался метод конечных элементов в объемной постановке с использованием программного комплекса ANSYS. В качестве конечных элементов были использованы специальные элементы PIPE16, PIPE17, PIPE18, позволяющие создавать трубопроводные обвязки (прямые участки, тройники, отводы) с учетом веса заполняемой жидкости. Исходные данные для расчетной модели приняты по результатам геометрического обмера. Толщина стенок трубопроводов Д = 500 мм и Д = 1000 мм, а также переходного диффузора была принята равной 10 мм, при этом в качестве материала выбрана углеродистая сталь с модулем упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. На рис. 1 показана расчетная модель правого участка напорного коллектора и правого напорного водовода, на которых имеются максимальные вибрации, превышающие допустимый уровень.

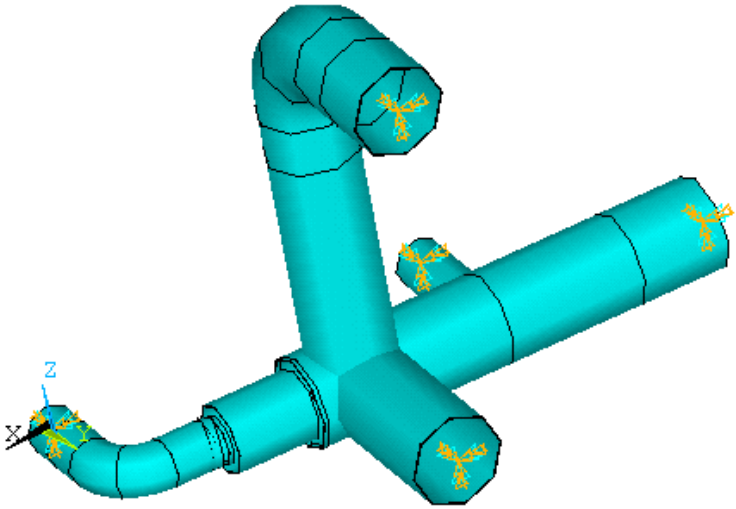


Рис. 1. Расчетная модель

На рис. 2, 3 показаны формы собственных колебаний низших частот. Из результатов расчета видно, что собственные частоты f^0 составили 49,1 Гц и 53,3 Гц, что указывает на работу трубопровода в резонансной зоне, соответствующей низшей (самой опасной) частоте возмущения. При этом максимальная вибрация находится на вертикальном участке правого напорного водовода.

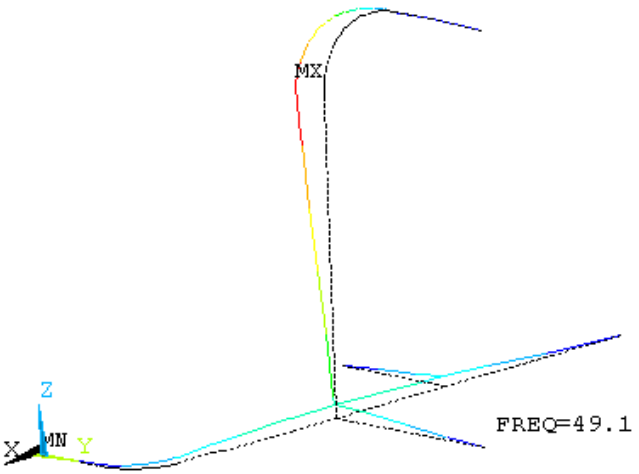


Рис. 2

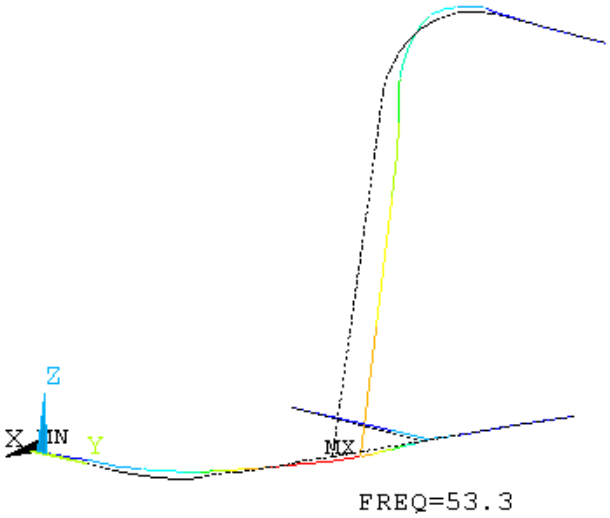


Рис. 3

Причиной возникновения повышенной вибрации является измененная геометрия напорных водоводов после реконструкции КНС в 2000 г., в результате которой правый участок напорного коллектора и вертикальный участок правого напорного водовода работают в условиях резонанса.

В свою очередь величина резонансной вибрации находится в зависимости от величины импульсов давления, которые генерирует насосный агрегат.

Факторами, влияющими на величину импульсов давления, могут являться:

1. Высокая скорость потока от насоса до напорного коллектора, переносящего возмущающие импульсы давления, которые не успевают демпфироваться стенками трубопровода. Это установлено в результате замеров уровня вибрации при разной производительности насосного агрегата № 1, которая изменялась дросселированием напорной задвижкой. С увеличением расхода уровень вибрации на правом напорном водоводе существенно возрастает.

2. Расположение в непосредственной близости от участка с максимальным уровнем вибрации переходного диффузора 500 ×1000 мм от насосного агрегата № 1 и тройника от насосного агрегата № 2, которые являются значительными местными сопротивлениями, генерирующими отрывные течения, вихреобразования, усиливающие пульсацию давления.

В результате анализа полученных результатов обследования были сделаны следующие рекомендации:

1. Заменить участок напорного трубопровода диаметром 500мм от насосного агрегата № 1 на диаметр 1000 мм с установкой переходного диффузора 500 × 1000 мм между опорами после насосного агрегата № 1 на расстоянии ~ 5D ~ 5000 мм от вертикального участка правого водовода (приложение № 4). Данная реконструкция должна устранить влияние переходного диффузора и снизить величину скорости потока от насосного агрегата № 1 до вертикального участка правого водовода. Снижение скорости позволит частично стабилизировать поток жидкости и снизить величину импульсов давления за счет демпфирования их стенками трубопровода и опорами.

2. Установить под напорным коллектором в месте присоединения вертикального участка правого напорного водовода железобетонную опору, что позволит разделить участок напорного коллектора, работающего в зоне резонанса, на участки с более высокими собственными частотами и выйти из зоны резонанса.

3. Заменить диаметр части напорного трубопровода от насосного агрегата № 2 с 500 мм на 1000 мм на длину 3000 мм от напорного коллектора, что позволит снизить величину импульсов давления в напорном коллекторе и вертикальном участке правого водовода при работе насосного агрегата № 2.

В том случае, если данные мероприятия не снизят уровень вибрации до допустимых значений, необходимо уменьшить длину вертикального участка правого напорного водовода до 1,8–2,0 м, либо вернуться к первоначальному проекту с переносом вертикального участка за пределы здания КНС.

В августе-сентябре 2010 г. на КНС-17 была проведена реконструкция по изменению диаметров напорных трубопроводов.

После проведенной в августе 2010 г. реконструкции по изменению диаметра напорных трубопроводов от обратного клапана насосного агрегата № 1 и насосного агрегата № 2 до напорного коллектора с 500 мм на 1000 мм, а также по монтажу железобетонной опоры под напорным коллектором, были проведены контрольные замеры уровня вибрации совместно с представителями службы главного механика МУП «Горводоканал».

Замеры проводились в трех ортогональных направлениях на вертикальном участке правого напорного водовода, где наблюдался максимальный уровень вибрации до проведения реконструкции, а также на правом участке напорного коллектора. В качестве измеряемого параметра было принято среднеквадратичное значение виброскорости Ve. За точку замеров принята середина вертикального участка правого напорного водовода, где отмечался максимальный уровень вибрации.

По результатам замеров можно сделать вывод, что уровень вибрации на напорных трубопроводах снизился практически в три раза и при одновременной работе трех агрегатов находится в допустимых пределах (значение виброскорости не превышает 15 мм/с).

Таблица замеров

Направление измерения	Период замера, количество работающих агрегатов	До проведения реконструкции трубопровода (работают НА № 1, 2, 5)	После проведения реконструкции трубопровода (работают НА № 1, 2, 6)
Измерение по осевому направлению трубопровода, мм/с		**8,6**	**1,5**
Поперечное направление измерения 1, мм/с		**55,2**	**12,7**
Поперечное направление измерения 2, мм/с		**47,3**	**14,8**

Вывод

При проектировании напорных трубопроводов в строящихся и реконструируемых насосных станциях необходимо производить расчет на возможную резонансную вибрацию, которая представляет серьезную опасность разрушения трубопроводов при эксплуатации. В настоящее время такие расчеты при проектировании насосных станций в системах ВиВ не производятся.

Список литературы

1. *ПБ 03-585-03*. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов. ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Ростехнадзора России», – М., 2003.
2. *РТМ 38.001-94* «Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических, стальных трубопроводов», разработаны НТП «Трубопровод» и согласован с Госгортехнадзором России;
3. *СА 03-003-07*. Расчеты на прочность и вибрацию стальных технологических трубопроводов. Стандарт Ассоциации «Ростехэкспертиза». – М., 2007.
4. *СА 03-005-07*. Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности. Требования к устройству и эксплуатации. Стандарт Ассоциации «Ростехэкспертиза». – М., 2007.
5. *Идельчик И. Е*. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – М. : Машиностроение, 1975. – 599 с.