www.engstroy.spb.ru

Инженерно-строительный журнал

научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

№4(6) май-июнь 2009

СОБЫТИЯ

МАТЕРИАЛЫ

ТЕХНОЛОГИИ

ОРГАНИЗАЦИЯ

ОПРОВЕРЖЕНИЕ

АНАЛИЗ

Курсы повышения квалификации

Приглашаются специалисты строительных и проектных организаций, в том числе непосредственно занятые в сфере строительного производства.
Курсы проводятся в течение 2-3 недель в вечернее время на базе факультета или на территории заказчика. По окончании слушателям выдается удостоверение о повышении квалификации государственного образца.
Курсы проводятся по следующим направлениям:

Наименование курса	Продолжительность	Стоимость
Выполнение функций заказчика-застройщика	*2 недели*	*10000*
Управление строительной организацией	*2 недели*	*15000*
Технология и контроль качества строительства	*3 недели*	*18000*
Разработка проектов организации строительства	*2 недели*	*11000*
Проектирование металлических конструкций	*2 недели*	*12000*
Календарно-сетевое планирование в строительстве	*2 недели*	*10000*
Проектирование и монтаж систем вентиляции	*2 недели*	*12000*
Проектирование и монтаж систем отопления	*2 недели*	*10000*
Электроснабжение и электрооборудование объектов	*2 недели*	*11000*
Обследование зданий и сооружений	*2 недели*	*12000*
Геодезические разбивочные работы в строительстве	*2 недели*	*15000*
Сметное дело в строительстве	*2 недели*	*18000*

Возможен подбор преподавателей и организация корпоративного курса по любой интересующей заказчика тематике в сфере строительства. Курсы проводятся как на базе факультета, так и на территории заказчика.
Университет также проводит корпоративный курс «Основы строительного дела», предназначенный для сотрудников строительных организаций, не занятых непосредственно в производстве (менеджеров, юристов, экономистов и т.п.).

Курсы профессиональной подготовки

Курсы предназначены для специалистов строительных и проектных организаций, желающих овладеть работой в программных продуктах для автоматизированного проектирования, расчета строительных конструкций, календарного и сетевого планирования.
Курсы проводятся в течение 1-2 недель в вечернее время на базе факультета. Возможна организация курса на территории заказчика в удобное ему время.

Наименование курса	Продолжительность	Стоимость
Проектирование зданий и сооружений с использованием AutoCAD	*8 дней*	*7000*
Проектирование строительных конструкций с использованием SCAD Office	*8 дней*	*12000*
Проектирование зданий и сооружений с использованием Allplan	*2 недели*	*7000*
Планирование и управление строительными проектами с использованием MS Project	*5 дней*	*7000*

Контакты

195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус-2, ауд. 301
552-94-60, 535-79-92
stroikursi@mail.ru
www.stroikursi.spb.ru

Инженерно-строительный журнал
научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

Специализированный научный журнал

Периодичность: 8 раз в год

Учредитель и издатель:

ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Адрес редакции:

195251, СПб, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус-2, ауд. 301

Главный редактор:

Вера Михайловна Якубсон

Редакционный совет:

Д.э.н., проф. ГОУ СПбГПУ, вице-губернатор Санкт-Петербурга А.И. Вахмистров
Академик РАН, д.т.н., проф., президент ГОУ СПбГПУ Ю.С. Васильев
Член-корр. РАН, д.т.н., проф., ректор ГОУ СПбГПУ М.П. Федоров
Член-корр. РАН, д.т.н., проф., проректор ГОУ СПбГПУ по научной и инновационной деятельности А.И. Рудской
Д.т.н., проф., проректор по научной и инновационной деятельности ГОУ СПбГАСУ В.И. Морозов
Д.т.н., проф., декан ИСФ ГОУ СПбГПУ А.И. Альхименко
Д.т.н., проф., зав. каф. ТОЭС ГОУ СПбГПУ Н.И. Ватин
И другие

При перепечатке ссылка на издание обязательна

Отпечатано в типографии «Цифровой типографский центр СПбГПУ»

Установочный тираж 800 экз.

Контакты:

Тел. 535-79-92

E-mail engstroy@inbox.ru

Http://www.engstroy.spb.ru

Содержание

ВЕЧНАЯ ПАМЯТЬ
Ушел из жизни Виктор Иванович Телешев 2

СОБЫТИЯ
Фундаменты: технологии и методы расчета 3
Теория и практика управления инвестиционно-строительными проектами 4
Саморегулирование: опыт и проблемы 7
Новый выпуск 8

ТЕХНОЛОГИИ
О.М. Львова, П.К. Тулин. Подземные автоматизированные паркинги в центре города 11
И.А. Лундышев Комплексное применение монолитного пенобетона при строительстве в труднодоступных районах добычи энергоресурсов 16

МАТЕРИАЛЫ
О.Н. Столяров, А.С. Горшков. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве 21
И.А. Войлоков, С.Ф. Канаев (Ястржембский). Базальтофибробетон. Исторический экскурс 26
Е.А. Эпштейн, В.А. Рыбаков Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит 32

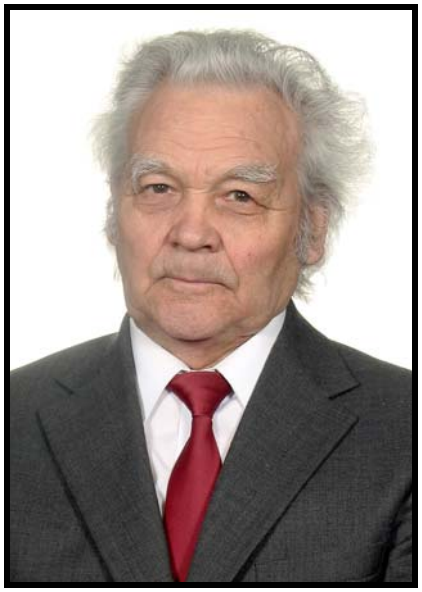
ОПРОВЕРЖЕНИЕ
М.Н. Ваучский. Нанотехнологии в производстве бетонов и растворов. Факты и комментарии 39

АНАЛИЗ
Д.В. Курлапов. Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции 41
Л.Л. Гошка. Разрушение строительных материалов с точки зрения метода кристаллизации в гелях 44

ОРГАНИЗАЦИЯ
Г.И. Абдулаев, В.З. Величкин. Особенности оценки надежности строительных потоков 53

ОФИЦИАЛЬНО
Аннотации магистерских диссертаций, кафедра «Технология, организация и экономика строительства», 2009 год 55

Ушел из жизни Виктор Иванович Телешев



12 мая 2009 года после продолжительной и тяжелой болезни скончался Телешев Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, почетный энергетик СССР (1989 г.), заслуженный строитель РФ (1990 г.). Коллектив кафедры ТОЭС выражает соболезнования родным и близким покойного. Скорбим и помним.

Виктор Иванович родился 2 августа 1929 г. в с. Романово (Кабанского района Бурятской АССР).

Окончил Ленинградский политехнический институт в 1951 г. по специальности инженер-строитель гидротехник.

С 1951 по 1976 гг. работал в системе Минэенерго СССР в проектных и строительных организациях, в основном в институте Ленгидропроект на должностях от инженера до заместителя главного инженера института.

С 1976 по 2000 гг. – профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и экономика гидротехнического строительства» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (Ленинградского Политехнического института).

С 2000 по 2009 гг. – профессор этой кафедры.

Принимал участие в проектировании и строительстве таких крупных объектов, как Волго-Балтийский водный путь, Супхунская ГЭС (КНДР), Воткинская, Мамаканская, Зейская, Бурейская, Колымская ГЭС, комплекс по защите Ленинграда от наводнений и др. Был главным инженером проектов или частей проектов ряда крупных ГЭС, таких как Понойская, Зейская, Бурейская. Особенно крупный творческий вклад в этот период внес в проектирование и строительство Мамаканской и Зейской ГЭС, являясь автором ряда новых технических решений и изобретений, реализованных на этих гидроузлах. Находился непосредственно на строительстве Мамаканской ГЭС, первой в стране крупной ГЭС в районе вечной мерзлоты. Им предложена и реализована новая конструкция бетонной плотины (1959-1962) и технология ее возведения для особо суровых климатических условий, не имеющие аналогов в мировой практике (Мамаканская, Зейская ГЭС), и новые методы омоноличивания.

Основным направлением научной деятельности Виктора Ивановича Телешева была теория и практика строительства плотин в суровых климатических условиях, оптимизация их конструктивно-технологических решений.

Виктор Иванович – автор более 200 научных работ, в т.ч. более 100 печатных, и 12 авторских свидетельств, а также первого учебника «Организация, планирование и управление гидротехнического строительства» (1989 г.) и многих учебных пособий. Незадолго до смерти он подготовил к изданию новый учебник по технологии и организации гидротехнического строительства (2009 г.).

Его трудовая деятельность отмечена рядом правительственных орденов и медалей.

Виктор Иванович Телешев был отличным преподавателем и выдающимся ученым. Его вклад в строительную науку и практику не подлежит сомнению; для руководства кафедры и факультета он также был неиссякаемым источником идей и поддержки. Но сотрудники кафедры помнят его не поэтому. Для многих он стал тем, кто открыл им путь в науку. Для всех он был высокообразованным, интеллигентным человеком и интересным собеседником.

Особо горькой потеря стала потому, что Виктор Иванович был полон сил и энергии. У него осталось множество нереализованных творческих и личных планов. Кафедра и факультет скорбят об этой огромной утрате вместе с близкими и родными Виктора Ивановича.

Фундаменты: технологии и методы расчета

21 мая в Политехническом университете проходил семинар «Проектирование и устройство фундаментов». В Санкт-Петербурге здания возводятся чаще всего на свайных фундаментах, и именно различным их разновидностям была посвящена большая часть докладов. На кафедре ТОЭС в течение многих лет ведутся активные разработки в этой области (см., например: Технология возведения фундаментов – «свая в трубе» // Инженерно-строительный журнал, №1, 2008; Новая технология – «фундамент на трубогрунте» // Инженерно-строительный журнал, №2, 2008). Научной работой студентов и аспирантов руководит доцент кафедры ТОЭС, к.т.н. Георгий Яковлевич Булатов, имеющий несколько патентов на разработки в этой области.

Об одной из новых технологий, использовании свай с отверстиями, рассказывали Артем Владимирович Лабецкий и Алексей Владимирович Ляпкало. В докладе приводился расчет, показывающий, что при экономии на материале сваи практически не теряют в несущей способности. Тем не менее, как было замечено присутствующими, такие сваи могут оказаться не дешевле, а дороже за счет технологии их производства: армирование и опалубка будут намного сложнее, а соответственно, и дороже.

Интересную разработку рассматривала в своем выступлении Анна Геннадьевна Белоусова. Ее работа посвящена расчету контактных свай. В реальности это не какой-то особый вид свай, а скорее, способ возведения фундамента, при котором сваи погружаются не вертикально, а под наклоном, и в определенной точке одна свая опирается концом на другую. Докладчица рассказывала о разработанном способе соединения свай: наконечник опираемой сваи выполняется в виде «вилки», которая надевается на ранее погруженную сваю. Несущая способность фундаментов, выполненных с использованием контактных свай, увеличивается в разы, в том числе, за счет увеличения площади сжимаемого грунта: при использовании традиционного способа эта площадка располагается ровно по периметру здания, когда же сваи погружаются наклонно, площадка значительно расширяется. Тем не менее, методика расчета таких фундаментов пока не отработана. Увеличение несущей способности на порядок, полученное в работе А.Г. Белоусовой, пока не является окончательным результатом и, очевидно, связано с принятыми допущениями. Вопросом другого исследования является разработка непосредственно технологии возведения такого фундамента. Наиболее сложным представляется погружение сваи под необходимым углом на достаточно большую глубину, а также расчет точки соприкосновения свай. Экономическая целесообразность данного нововведения будет зависеть от соотношения реального увеличения несущей способности и удорожания технологии за счет ее трудоемкости.

Еще несколько докладов было посвящено новым видам свай, которые разрабатываются на кафедре ТОЭС под руководством Г.Я. Булатова. Это, например, каркасные трубчатые сваи, а также технология «свая в трубе».

Неким итогом темы свайных фундаментов стал доклад Анны Евгеньевны Петровой и Анны Александровны Волковой. В своей работе они проводили анализ геологических условий Санкт-Петербурга и соотносили их с различными технологиями свайных фундаментов. Итогом работы стали рекомендации по использованию определенных видов свайных фундаментов в разных районах города. Пока работа проведена только в отношении исторического центра города, но исследование будет продолжено. Прозвучало предложение использовать затем эту таблицу в учебном процессе, например, при выполнении курсового проекта по предмету «Технология строительных процессов».

Свайные фундаменты используются чаще всего в многоэтажном строительстве. Совсем другому направлению, фундаментам в коттеджном строительстве, был посвящен доклад Анастасии Александровны Мойси. Докладчица рассматривала проблему строительства на пучинистых грунтах и одно из ее решений – выполнение теплоизолированных малозаглубленных фундаментов. Статья А.А. Мойся, посвященная вопросам расчета таких фундаментов, опубликована в предыдущем номере нашего журнала (Теплоизолированный малозаглубленный фундамент на пучинистых грунтах // Инженерно-строительный журнал, №3, 2009).

Также в рамках семинара прошел доклад аспиранта кафедры ТОЭС Олега Юрьевича Лупачева, посвященный использованию геомембран в гидротехническом строительстве. Статья О.Ю. Лупачева на эту тему будет опубликована в одном из наших ближайших номеров.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Ольга Гамаюнова

Теория и практика управления инвестиционно-строительными проектами

25-26 мая в Санкт-Петербурге проходила II научно-практическая конференция «Управление строительно-инвестиционными проектами»: теория, практика, инновации». Организатором конференции выступила Ассоциация профессиональных управляющих инвестиционно-строительными проектами (АПУИСП), объединяющая компании, осуществляющие функции генерального подряда, технического надзора, функции заказчика и инжиниринг.

Безусловно, мировой экономический кризис внес свои коррективы в работу инвестиционно-строительного комплекса. Отразился он и на программе конференции. Особенности управления ИСП в кризисных условиях так или иначе были затронуты во многих докладах конференции. Специально же этой теме были посвящены доклады Артура Владимировича Александрова, генерального директора ООО «Стройбизнес», и Николая Павловича Пашкова, директора по профессиональной деятельности ЗАО «Найт Фрэнк Санкт-Петербург». А.В. Александров описывал ситуацию на рынке Москвы. По его словам, положение очень различается по трем основным отраслям недвижимости. Так, в области офисных помещений ситуация наименее презентабельная: на рынке присутствует демпинг, который уже опустил цены ниже уровня возврата инвестиций. Лучше всего положение на рынке торговой недвижимости: там падение «всего лишь» 20-30%, эта сфера вполне оживленная. Рынок жилья находится где-то посередине: цена продажи упала в среднем на 40-60%, но уровень себестоимости не пройден.

Также А.В. Александров отметил принципиальное отличие сегодняшней ситуации от кризиса 1998 г. Цена продажи упала значительно сильнее, чем стоимость строительной продукции. В 1998 г. ситуация была обратная из-за резкого падения курса рубля. Тем не менее, многие производители строительной продукции идут сейчас на демпинг, пытаясь сохранить компанию и основной состав сотрудников за счет прежних накоплений.

Какова же роль управляющей компании на рынке в условиях кризиса? А.В. Александров отметил ставшую уже стандартной ситуацию, когда при падении девелопера строящееся здание достается кредитору. Если он хочет возврата денег, необходимо достраивать объект в каком-либо виде. И здесь у инвестора возникает два варианта: самостоятельно создать генерального подрядчика либо нанять управляющую компанию. По мнению докладчика, второй вариант является менее дорогостоящим и более гибким. Преимущество управляющей компании в том, что она осуществляет комплексный менеджмент проекта, а не только строительства, как генподрядчик. А в условиях кризиса оптимизация проектных решений становится особенно важной. Управляющей компании, в отличие от генподрядчика, нет необходимости в инженерно-технических работниках среднего звена, ее сотрудники – только управленческие ИТР. Также затраты сокращаются за счет нормокомплекта и малой механизации, которые генподрядчику необходимы, при том что окупаемость их составляет около 2 лет.

Доклад Н.П. Пашкова содержал анализ видов инвестиционно-строительных проектов, наименее подверженных кризису. Прежде всего, он отметил, что в нынешних условиях залог успеха – это тщательная проработка проекта. Главное понимать, на какого потребителя рассчитан строящийся объект; пришло время сменить универсальные проекты специализированными. Докладчик перечислил типы проектов, которые продолжают реализовываться, несмотря на кризис, либо имеют такую перспективу.

1. Проекты, имеющие возможность привлечения государственных средств. Это, в основном, проекты крупных госкорпораций, например Охта-центр Газпрома.
2. Объекты, строящиеся под собственные нужды. Например, головной офис банка «Санкт-Петербург», различные складские помещения и т.п.
3. Проекты с участием иностранных инвесторов. Они более устойчивы, поскольку иностранный капитал рассматривает более долгосрочную перспективу, чем отечественный. Кроме того, в таких проектах иные условия доступа к денежным средствам.
4. Проекты непрофильных инвесторов, которые могут привлечь средства из другой отрасли, менее подверженной кризисным явлениям. Такие объекты сейчас продолжают строиться, но медленнее, чем до кризиса.

5. Девелоперские проекты, имеющие реальный платежеспособный спрос. Для жилья это, прежде всего, эконом-класс, а также элитное жилье высокого уровня. Офисный рынок, как и в Москве, в Петербурге сильно упал, тем не менее, бизнес-центры с отделкой, а также проекты с офисами малой площади (средний запрос 100 м^2) имеют шансы на реализацию. В области складской недвижимости также сохраняется спрос на малые площади (до 2000 м^2) – до сих пор существует дефицит предложения, в основном строятся крупные объекты.
6. Государственные проекты: строительство жилья для социальных нужд и стратегические инвестиционные проекты.

Последнему пункту был посвящен доклад начальника управления инвестиционными проектами Комитета по инвестициям и стратегическим проектам Администрации Санкт-Петербурга Владимира Владимировича Мерзликина. Работа по 20 таким объектам ведется в соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга «О стратегических проектах» №216 от 01.03.2005 г. Условием включения в этот перечень является, прежде всего, совокупный объем инвестиций не менее 3 млрд рублей. Одним из условий является использование наукоемких и энергосберегающих технологий. По словам докладчика, ни один из стратегических проектов не заморожен. По новому футбольному стадиону сменен генподрядчик, но строительство идет активно. Сооружение намывных территорий в западной части Васильевского острова идет за счет частных инвестиций. По реконструкции Апраксина двора сейчас проводится архитектурная экспертиза, результаты которой должны быть известны к концу июня. На реконструкцию аэропорта «Пулково» было подано три заявки, 25 июня будут объявлены результаты конкурса.

Большое внимание участников конференции вызвали также выступления других городских чиновников. В основном они касались изменений в нормативно-правовой базе строительства и взаимоотношений с чиновниками. «Больному вопросу» для строителей – технологическому присоединению к электрическим сетям – был посвящен доклад Андрея Валентиновича Сорочинского, заместителя председателя Комитета по энергетике и инженерному обеспечению Администрации Санкт-Петербурга. Постановление Правительства РФ №334 от 21.04.2009 призвано сделать эту процедуру более простой и прозрачной. Прежде всего, оно регламентирует информационную открытость предприятий ЖКХ: на интернет-сайтах таких организаций как Ленэнерго, Водоканал, ГУП «ТЭК» должны быть размещены типовые договоры на технологическое подключение. Раз в месяц они обязуются представлять отчеты по пропускной способности сетей, планируемому резерву мощности, по поданным заявкам на технологическое подключение с указанием договора, стоимости, мощностей и т.п. Регламентируются сроки оформления договора (15 дней с подачи заявки), собственно подключения (6 месяцев при объеме до 100 кВт). Также в Постановлении четко прописаны сроки платежей за технологическое присоединение.

По вопросу использования малой энергетики А.В. Сорочинский подтвердил позицию Комитета: использование автономных источников не приветствуется, если есть возможность технологического присоединения. Это связано, прежде всего, с необходимостью загрузки существующих ТЭЦ и котелен, чтобы они могли переоснащаться и качественно обеспечивать социальные объекты. Кроме того, пропускная способность городских газопроводов находится на пределе, что ограничивает возможности строительства новых объектов малой энергетики. Зачастую автономные источники не могут обеспечить необходимого состояния окружающей среды, а также первой категории надежности сооружений.

Заместитель начальника управления градостроительных обоснований развития города Комитета по градостроительству и архитектуре Александр Иванович Березкин посвятил свой доклад также весьма актуальному вопросу – Правилам землепользования и застройки. Вместе с Генпланом Петербурга и законом «О режимах зон охраны» ПЗЗ составляют основу правовой базы инвестиционно-строительной деятельности в Санкт-Петербурге. Как известно, закон не предусматривает переходного периода: после вступления его в силу в марте этого года все проекты, еще не получившие разрешения на строительство, должны соответствовать ПЗЗ. Вся деятельность по контролю соблюдения ПЗЗ осуществляется Центральной комиссией по правилам землепользования и застройки, возглавляемой вице-губернатором города Романом Евгеньевичем Филимоновым, и ее территориальными подразделениями. Для условно-разрешенных видов использования предусмотрена сложная система согласований. Эта процедура включает: Центральную комиссию по ПЗЗ, профильные комитеты, территориальную комиссию, общественные слушания, Правительство города.

Олег Александрович Тимощук, главный специалист Службы государственного строительного надзора Санкт-Петербурга, рассказывал о новациях в работе службы. В условиях перехода к саморегулированию у многих возникают вопросы, как изменится государственный надзор в этой области. По словам докладчика, функции Службы остаются прежними: проверка соответствия работ и материалов техническим регламентам и проектной документации.

Вопросы саморегулирования – отдельная большая тема, ей был посвящен круглый стол, проходивший 25 мая в рамках конференции (см. стр. 7). Но к этой теме непосредственно прилегает другая, тема профессиональной подготовки и сертификации менеджеров проектов. Квалификационные требования, так или иначе, будут пропуском на рынок, вне зависимости от того, кто будет распределять эти пропуски: саморегулируемые организации, государство или профессиональные союзы.

Именно подготовка профессиональных управляющих является одной из приоритетных задач АПУИСП. В связи с этим большой интерес у участников конференции вызвал доклад проректора ГОУ СПбГПУ по информатизации в образовании Александра Витальевича Речинского. Он был посвящен разработанным совместно с АПУИСП программам обучения менеджеров ИСП. Основная программа – магистратура по направлению «Организация и управление инвестиционно-строительными проектами». В нее включены как специализированные дисциплины направления «Строительство», так и предметы управленческого характера: календарно-сетевое планирование в строительстве, теория выбора и принятия управленческих решений, финансово-управленческий учет в строительстве и т.п. Программа направлена не только на получение знаний, умений и навыков, но и на развитие личностных качеств, необходимых управляющему инвестиционно-строительным проектом. Итогом обучения должны стать написание и защита магистерской диссертации. Это фундаментальный курс, предназначенный для специалистов строительной сферы, имеющих высшее техническое образование.

В другом докладе представителя ГОУ СПбГПУ ассистента Марины Вячеславовны Петроченко рассказывалось, в том числе, о другой программе, разработанной в вузе. Это переподготовка специалистов по направлению «Экономика и управление в строительстве». По сравнению с магистратурой переподготовка менее фундаментальна. Обучение проходит в течение одного учебного семестра по вечерам будних дней. Данный курс подойдет и специалистам с нетехническим образованием, поскольку специализированные строительные дисциплины даются в нем лишь обзорно. Тем не менее, эта программа включает большой объем материала, касающегося непосредственно управления инвестиционно-строительными проектами, а также выполнение практических заданий. Успешно прошедшие курс слушатели получают диплом, дающий право на ведение профессиональной деятельности в области экономики и управления строительством.

Стоит отметить, что ГОУ СПбГПУ является активным партнером АПУИСП. С докладами на конференции выступали студенты и преподаватели инженерно-строительного факультета. Заведующему кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» Николаю Ивановичу Ватину был вручен диплом Ассоциации «За вклад в профессиональную подготовку и обучение менеджеров инвестиционно-строительного проекта».

Завершая тему подготовки профессиональных менеджеров инвестиционно-строительных проектов, Г.В. Киркин, отметил, что этот путь только начинается. Впереди не только дальнейшее развитие программ обучения, но и организация полноценной системы сертификации. Именно это в дальнейшем гарантирует цивилизованное развитие рынка услуг по управлению инвестиционно-строительными проектами.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Ксения Стрелец

Саморегулирование: опыт и проблемы

25 мая в рамках конференции «Управление строительно-инвестиционными проектами»: теория, практика, инновации» проходил круглый стол «Опыт и проблемы создания профильных саморегулируемых организаций».

Как известно, в январе этого года к основополагающим документам для саморегулирования в области строительства, проектирования и инженерных изысканий (Федеральный закон №315-ФЗ от 01.12.2007 «О саморегулируемых организациях» и Федеральный закон №148-ФЗ от 22.07.2008 «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации») добавился Перечень видов работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства (приказ Минрегионразвития №274 от 09.12.2008). Содержание его для многих стало сюрпризом. По словам Сергея Тимофеевича Фролова, начальника управления саморегулирования Союза строительных объединений и организаций, логично было бы взять за основу перечень видов работ, подлежавших лицензированию. В реальности в новый перечень вошло более 700 видов работ, взятых из Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД).

В результате Перечень вызвал множество проблем при формировании СРО. Так, С.Т. Фролов рассказал о следующей сложности, с которой они столкнулись: для выдачи допуска на определенный вид работ необходимо, чтобы организация имела определенное количество сотрудников с высшим образованием, «соответствующим виду деятельности». Но некоторые виды работ по ОКВЭД столь узки, что невозможно понять, какая специальность высшего образования соответствует этому виду деятельности.

Геннадий Владимирович Киркин, президент Ассоциации профессиональных управляющих инвестиционно-строительными проектами (АПУИСП), говорил о другой проблеме. В итоговый вариант перечня вообще не вошли такие виды работ, как выполнение функций заказчика-застройщика и генподрядчика, технадзор. Это привело участников рынка в некоторое недоумение, поскольку всегда считалось, что эти функции наиболее ответственные. С одной стороны, логика законодателей понятна: ни заказчик-застройщик, ни генподрядчик непосредственно не выполняют строительных или проектных работ, поэтому и не влияют на безопасность объектов. Тем не менее, только эти организации и могут обеспечить комплексную безопасность на строительной площадке, в отличие от каждого по отдельности субподрядчика, отвечающего только за свой вид работ. Государственные надзорные органы также не знают, как действовать в данной ситуации. Выступая на конференции, главный специалист Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга Олег Александрович Тимощук выразил надежду, что Перечень в ближайшее время будет расширен за счет вышеперечисленных видов работ.

Тем не менее, пока Перечень находится в нынешней редакции, перед специалистами стоит вопрос: что делать организациям, профессионально занимающимся управлением инвестиционно-строительными проектами, инжинирингом и технадзором? По словам Алексея Игоревича Белоусова, генерального директора СРО «Объединение строителей Санкт-Петербурга», их организация предлагает таким компаниям два варианта: можно вступить в СРО, получив допуск на любой из перечисленных в Перечне видов деятельности, а можно получить так называемый «внутренний допуск» СРО, например, на выполнение функций заказчика-застройщика. По мнению Г.В. Киркина, будущее все же за специализированными саморегулируемыми организациями, которые смогут выдавать официальные допуски именно на тот вид работ, который осуществляется компанией. Поэтому возглавляемая им Ассоциация продолжает курс на саморегулирование. В целом, в соответствии с 315 Федеральным законом такая СРО может быть образована. На данный момент проблема состоит в том, что нигде не прописан орган, который будет вести реестр подобных СРО (для строителей это Ростехнадзор). Тем не менее, поскольку закон о саморегулировании существует, очевидно, рано или поздно будет прописана и процедура, по которой он должен действовать.

Обсуждались на круглом столе и другие проблемы, связанные с созданием СРО, такие как завышенное минимальное количество членов и размеры компенсационного фонда. И то, и другое ведет только к дальнейшей монополизации рынка и притеснению малого и среднего бизнеса.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Ксения Стрелец

Новый выпуск

В июне в Политехническом университете прошли очередные защиты магистерских диссертаций. Магистратура уже перестала быть для сотрудников и студентов непонятным новшеством, теперь это основное направление развития для университета, в том числе для инженерно-строительного факультета.

На кафедре ТОЭС защиты магистерских диссертаций проходят в седьмой раз, и все присутствовавшие отмечали, что уровень работ растет на глазах. Заведующий кафедрой Николай Иванович Ватин в заключительной речи говорил о том, что все магистерские работы этого года требуют продолжения. Полный список защищенных диссертаций с аннотациями, публикациями и апробациями см. на стр. 55.

Председатель Государственной аттестационной комиссии, директор по экономике холдинга «ЛенСпецСМУ» Валентина Сергеевна Чулгаева отметила большое разнообразие диссертаций. Действительно, темы работ покрывали практически все области строительной науки. Если следовать рубрикации нашего журнала, это и конструкции, и расчеты, и технологии, и материалы, и вопросы организации строительства.

Наибольшая доля работ все же относилась к вопросам расчета строительных конструкций. Комиссия особо выделила некоторые из этих диссертаций. Все они были посвящены разработке новых методик расчета. Так, работа Елены Олеговны Самохваловой «Стык колонны с плоской плитой в монолитном железобетонном здании» является продолжением магистерской диссертации Алексея Дмитриевича Иванова, сейчас ассистента кафедры ТОЭС. Узел сопряжения колонны с перекрытием в зданиях каркасно-стеновой нерегулярной конструктивной системы является сложным моментом для проектировщика и расчетчика, в нормативной документации отсутствуют методики его расчёта с учётом современных расчётных комплексов. Е.О. Самохвалова предлагает такую методику, а также выводит наиболее рациональный вариант дополнительного армирования узла. Статья Е.О. Самохваловой опубликована в предыдущем (№3, 2009) номере нашего журнала.

Статьи по работам Дмитрия Вячеславовича Руденко и Антонины Алексеевны Дьячковой также опубликованы в №3(5) Инженерно-строительного журнала. Диссертация А.А. Дьячковой посвящена расчету при помощи метода конечных элементов железобетонных конструкций, усиленных углепластиком. Углеродные композитные материалы – довольно новый для российского рынка продукт, но он уверенно прокладывает себе дорогу, особенно в области усиления строительных конструкций. Многие его преимущества неоспоримы, такие как коррозионная стойкость, сопротивление усталости, прочность. Тем не менее, пока остается множество проблем по его использованию. Одной из них является как раз отсутствие методики усиленных с его помощью конструкций. Работа на кафедру в этой области не заканчивается, вслед за А.А. Дьячковой ее продолжает магистр Татьяна Сергеевна Морозова.

Работа Д.В. Руденко тоже посвящена новой методике расчета. Это расчет зданий на прогрессирующее обрушение, который по новым нормам (СП 52-103-2007) рекомендуется проводить для всех железобетонных монолитных зданий. Д.В. Руденко не только проводит такой расчет в двух программных комплексах (SCAD и ЛИРА), но и предлагает свой метод защиты зданий от прогрессирующего обрушения на этапе проектирования. Это устройство нескольких жестких блоков по высоте здания, в зависимости от этажности. По словам автора, это позволяет значительно сократить дополнительные затраты арматуры, но при этом обеспечивает необходимый уровень защиты здания.

Диссертация Владимира Александровича Рыбакова «Стесненное кручение просечно-перфорированных стальных тонкостенных швеллеровых балок» произвела большое впечатление глубиной научного подхода. При этом работа имеет и прямую практическую ценность: в ней даны рекомендации по расчету легких стальных тонкостенных конструкций по несущей способности. Кроме того, результаты работы В.А. Рыбакова уже внедрены в практическую деятельность одного из производителей ЛСТК – разработана «База геометрических характеристик направляющих профилей и профилей, выпускаемых ООО “Балтпрофиль”».

Тематика легких стальных тонкостенных конструкций сегодня очень актуальна, научная работа в этой области ведется на кафедре ТОЭС несколькими аспирантами и студентами. В сентябре в Политехническом университете пройдет международная научно-практическая конференция «ЛСТК Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) – история, практика, проблемы и перспективы применения на отечественном строительном рынке».

В области организации и экономики строительства также было представлено две научные работы высокого уровня. Обе были посвящены оценке инвестиционно-строительных проектов. Результат диссертации Ольги Владимировны Чулгаевой «Методика оценки эффективности проекта на этапе инициации» предназначены, прежде всего, для организации взаимодействия инвестора и автора бизнес-идеи. Разработанная автором методика позволяет оценить рентабельность инвестиционно-строительного проекта с учетом различных прогнозов (инфляции, валютного курса и т.п.). Инвестор может также прогнозировать затраты на проект и сроки выполнения работ. Статью О.В. Чулгаевой по теме диссертации см.: Инженерно-строительный журнал, №3(5), 2009.

В работе Ольги Евгеньевны Пронских приведена методика системной оценки проектно-строительных решений жилых монолитных многоэтажных зданий. В нее включены архитектурные, конструктивные, организационные и экономические параметры. На основе разработанной методики была создана компьютерная программа. Она помогает при введении исходных параметров определить необходимость в ресурсах, минимальную стоимость строительства, а также выбрать оптимальный с точки зрения экономики комплекс проектных решений.

В вопросах технологии строительства основное внимание было уделено фундаментостроению (семинар по этой теме проходил в ГОУ СПбГПУ в мае, см. стр. 3). Работа Анны Геннадьевны Белоусовой посвящена возведению фундаментов на основе контактных свай. Анастасия Александровна Мойся представила тему «Малозаглубленные фундаменты на пучинистых грунтах с применением экструдированного пенополистирола». Одной из задач работы была разработка адекватной меодики моделирования таких фундаментов в программах конечноэлементного расчета. В статье, опубликованной в №3, А.А. Мойся рассматривала три модели на основе оболочечных и объемных элементов. На защите была представлена четвертая, итоговая модель упругого полупространства, учитывающая температурные воздействия на фундамент.

В продолжение темы подземной части сооружений выступила Наталья Владимировна Головкова с докладом «Водопоступление в несовершенный котлован с непроницаемым ограждением и грунтовой пробкой». В последние годы тема подземного строительства становится все более актуальной (см., например: Развитие подземного строительства в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал, №1, 2009). Увеличивается объем высотного строительства, а с ним расширяется и подземное пространство зданий. Актуальным являются также щадящие технологии подземного строительства, что связано с застройкой в историческом центре. Именно вопросам устройства котлована в плотной городской застройке посвящена диссертация Н.В. Головковой. Расчет водопоступления в котлован по-прежнему остается «белым пятном» в инженерно-геологической подготовке строительства. Между тем, именно ошибки в этом разделе приводят либо к ненормативной осадке окружающих зданий, либо к завышенным расходам на сооружение котлована.

Диссертация Евгении Андреевны Сапегиной «Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором» интересна, прежде всего, новизной темы. Она заключается в том, что

сделана попытка оценить теплотехнические свойства конструкции во времени. Производители вентфасадов декларируют срок службы своих конструкций 50 лет. Но смогут ли они в реальности сохранить свои свойства и каковы будут теплопотери через 10, 20, 30 лет? И главный вопрос: если учесть затраты на текущий и капитальный ремонт, будет ли такой же экономически выгодной установка вентилируемых фасадов? В диссертации Е.А. Сапегиной даны первые ответы на подобные вопросы. Многое еще предстоит сделать. Так, рецензент работы отметил, что в расчетах не учтен коэффициент теплотехнической неоднородности. Исследования в этой области только начинаются, продолжает ими заниматься докторант кафедры, к.т.н Александр Сергеевич Горшков (см. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал, №2, 2008). По вопросам строительной теплофизики в Санкт-Петербурге осенью пройдет международная научно-практическая конференция – подробности о ее организации см. в следующем номере журнала.

В этом году на кафедре ТОЭС защищалось 14 магистров, и 13 из них в итоге были рекомендованы к поступлению в аспирантуру. Конечно, не все последуют этой рекомендации, но у некоторых из вчерашних студентов уже сданы кандидатские экзамены. И, безусловно, у всех есть достаточный материал для написания следующей диссертации.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Ольга Гамаюнова

Подземные автоматизированные паркинги в центре города

Аспирант ГОУ СПбГПУ О.М. Львова*; к.т.н. доцент ГОУ СПГГИ (ТУ) П.К. Тулин

Нехватка мест для парковки легкового автотранспорта остро ощущается во всех крупных городах, а особенно в их центральных районах, что порождает ряд острых проблем, таких как снижение пропускной способности и безопасности движения транспорта.

Значительное превышение спроса на места парковки над предоставляемым количеством мест является характерной чертой центров крупных городов, в том числе и Санкт-Петербурга. Актуальным становится вопрос о создании парковочного комплекса для легковых автомобилей. Но решить проблему строительства многоярусных автостоянок петербургские власти не могут уже более 10 лет. На сегодняшний день городская программа строительства паркингов реализована не более чем на 10%.

Основная причина – низкая рентабельность таких проектов. Из-за высокой стоимости земли строительство, как правило, не окупает затрат инвесторов. Однако городские чиновники нашли выход: снижение цены участка под строительство паркинга за счет увеличения количества машино-мест, передаваемых в собственность города. Таким образом, Фонд имущества СПб в апреле реализовал с торгов два земельных участка в Выборгском районе (начальный размер арендной платы участка площадью 13,9 тыс.кв.м. был установлен на уровне 400 тыс. руб., участка площадью 7,5 тыс.кв. м – 100 тыс. руб.). Но даже если участок под строительство был выделен целевым назначением, срок окупаемости наземной многоуровневой автостоянки составляет в среднем около семи лет [1].

Еще сложнее построить рентабельный паркинг в центре Петербурга. Жесткие требования к фасадам, этажности, санитарные нормы влекут за собой дополнительные расходы, соизмеримые с затратами на строительство жилого дома. Кроме того, в центральных районах просто нет площадок для строительства традиционных наземных паркингов. В такой ситуации оптимальным решением становится применение современных технологий автоматической парковки.

Основное преимущество таких технологий – увеличение в несколько раз парковочных мест при неизменных площадях расположения парковки. Обычный многоярусный паркинг способен разместить 300-400 машин. А использование технологии автоматической парковки позволяет на той же площади разместить до двух тысяч автомобилей. Такие результаты достигаются путем применения компактных подъемно-транспортных механизмов, размещающих автомобили на нескольких ярусах, поднимая их вверх или опуская вниз автоматически без присутствия водителя в автомобиле.

Преимущества автоматизированных парковок:

- для размещения автомобилей требуется минимальная площадь, и как следствие, земельные участки и строительные объемы используются с высокой эффективностью;
- разнообразные, постоянно развивающиеся технологические схемы механизированных парковок позволяют найти приемлемое решение в каждом индивидуальном проекте;
- паркинг можно пристраивать к глухим торцевым стенам, которых много в центральных районах города;
- механизированные стоянки могут компоноваться друг с другом, что увеличивает эффективность используемой территории и количество хранящихся автомобилей;
- рациональность вертикального паркинга заключается в том, что, во-первых, подъездная дорога и пандус требуются только на один уровень, а во-вторых, автомобиль перемещается на стояночный уровень без участия человека;
- сокращаются затраты времени на парковку автомобиля;
- кражи и автовандализм исключаются, т.к. автомобили хранятся в закрытых ячейках, доступ к своему автомобилю возможен только при наличии индивидуальных средств идентификации;
- расположение парковок в непосредственной близости к жилым домам сокращает до минимума затрачиваемое время от дома до автомобиля;
- при установке машины в автоматизированную стоянку мотор машины не работает, следовательно, не происходит потребление бензина и выделение углекислого газа, чем достигается экологическая чистота по сравнению с обычным гаражом;
- минимальные затраты на поддержание чистоты, освещение, охрану достигаются благодаря уменьшению используемой территории – паркинги обслуживает один оператор.

Реализацию приведенной технологии также можно разделить на 2 части: строительство наземных и подземных механизированных комплексов.

К наземным относятся крупные автоматические паркинги и небольшие индивидуальные автоматические модули. Первое направление ориентировано на переоборудование существующих и строительство новых парковочных комплексов с количеством парковочных мест от нескольких сотен до нескольких тысяч. Строительство таких паркингов оправдано вблизи центра города около крупных бизнес центров, а также на окраинах города, как вариант «отсекающей парковки», где приезжие могут оставить свой автомобиль и пересесть на общественный городской транспорт.

Рисунок 1. Многоярусный наземный автоматизированный паркинг

Подобные решения, предоставляемые лидерами этой области Robotic Parking (США) и DongYang MENICS (Корея), уже широко используются в крупных городах Америки, Европы и Азии. Основным недостатком такого подхода являются крупные начальные капиталовложения, а также большие размеры паркингов (автоматический паркинг будет рентабельным только при большом и постоянном потоке автомобилей).

Рисунок 2. Индивидуальные автоматические модули

Второе направление лишено вышеуказанных недостатков и подразумевает установку индивидуальных модулей автоматических парковок в удобных местах:

- во дворах и на открытых площадках;
- на открытых и закрытых автостоянках;
- в подземных паркингах.

Относительная дешевизна данного решения, его компактность и мобильность является решающим фактором для использования как частными лицами (для организации стоянки автомобиля во дворе, на земельном участке), так и коммерческими (строительные компании, автосалоны, паркинги, торговые организации) и государственными учреждениями. Этот вариант может стать незаменимым в небольших петербургских дворах.

Организация парковок по такому принципу используется не только за рубежом. Первые автоматические парковки компаний «ПаркПлюс» и «МАС-М» уже появились в Москве.

Однако в центральной части города наиболее приемлемым является использование подземных автостоянок. Такие паркинги обладают большой вместимостью и при этом не нарушают архитектурный облик города. К тому же для строительства такого объекта не нужен большой отвод территории. Строительная площадка может располагаться даже во дворе.

Еще одна проблема, с которой сталкиваются застройщики, эта особенность грунтов, залегающих под городом. Учитывая при этом плотность застройки, несложно догадаться, что подземное строительство может привести к обрушению соседних домов.

Таким образом, основной задачей при сооружении паркинга в центре является недопущение осадок близлежащих зданий и сооружений. Этого можно достигнуть путем применения специальных технологий. На сегодняшний день широко используются специальные мероприятия по снижению деформаций [2, 3]:

1. Закрепление грунтов методом струйной цементации.

Способ позволяет не только увеличить несущую способность, прочность и водонепроницаемость грунтов, что очень важно в условиях Санкт-Петербурга.

2. Усиление фундаментов существующих домов буроинъекционными сваями.

Рисунок 3. Подземная механизированная автостоянка

Буроинъекционные сваи служат для укрепления фундамента и передачи дополнительной нагрузки от сооружения на нижележащие грунты основания. С поверхности земли, с уровня подвала или пола первого этажа бурят скважины через существующий фундамент до прочного грунта. Диаметр скважины обычно составляет 10–25 сантиметров, а ее глубина может превышать 10 метров. Для бурения используются специальные бурильные станки, создающие небольшие ускорения, не опасные ни для грунтов оснований, ни для укрепляемых фундаментов. После бурения скважина заполняется цементным раствором, после чего в нее опускается арматурный каркас.

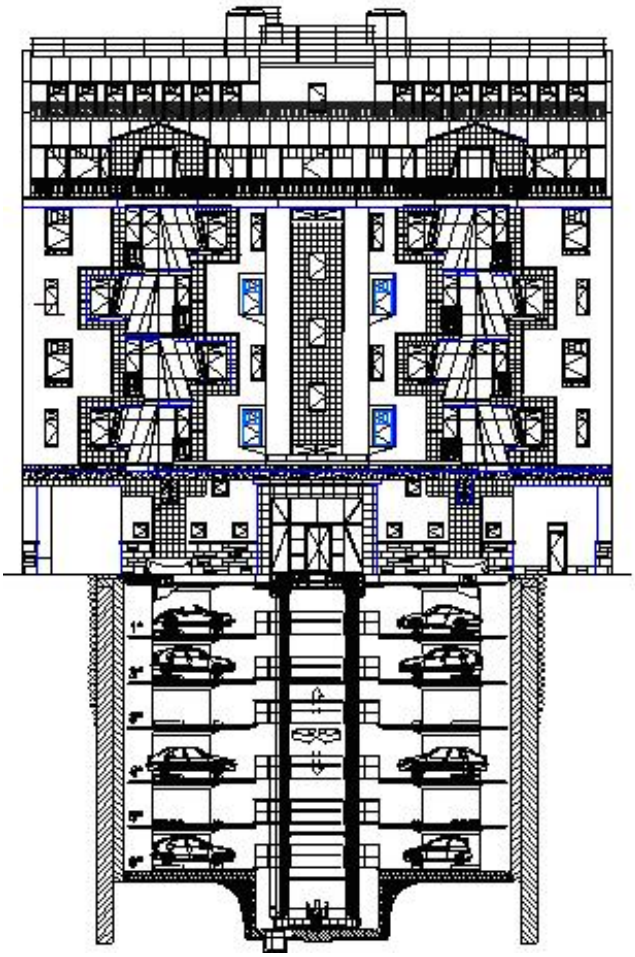


Рисунок 4. Модель паркинга под жилым зданием

3. Строительство с применением технологии «top-down».

После устройства ограждающей конструкции по методу «стена в грунте» начинается выемка содержимого котлована. На нулевой отметке выполняется перекрытие (жесткий диск), которое выполняет функцию распорного элемента. Выполнив перекрытия первого или нулевого этажа, можно вести работы одновременно как вверх, так и вниз. Отсюда и название технологии. Общие сроки ведения работ таким методом значительно сокращаются, так как практически одновременно можно возводить и подземную, и надземную части. Технология «top-down», как никакая другая, способна свести к минимуму деформации ограждающих конструкций и практически исключить осадку здания или сооружения. К тому же технология позволяет резко сократить строительный цикл, что делает ее внедрение весьма перспективным. Даже с учетом большей капиталоемкости, по сравнению с обычными технологиями, строительство методом «top-down» окупается быстрее.

Подобная технология уже нашла применение в нашем городе на таких объектах как торгово-офисный комплекс «Стокманн» на Невском проспекте и 2-я сцена Мариинского театра на наб. р. Мойки.

В данной статье рассматривается возможность строительства подобной автостоянки в условиях нашего города. За основу возьмем конструкцию автоматического кругового подземного паркинга итальянской фирмы TreviPark (модель R12x6), вместимостью 72 машино-места [4]. Машины расположены на 6 ярусах.

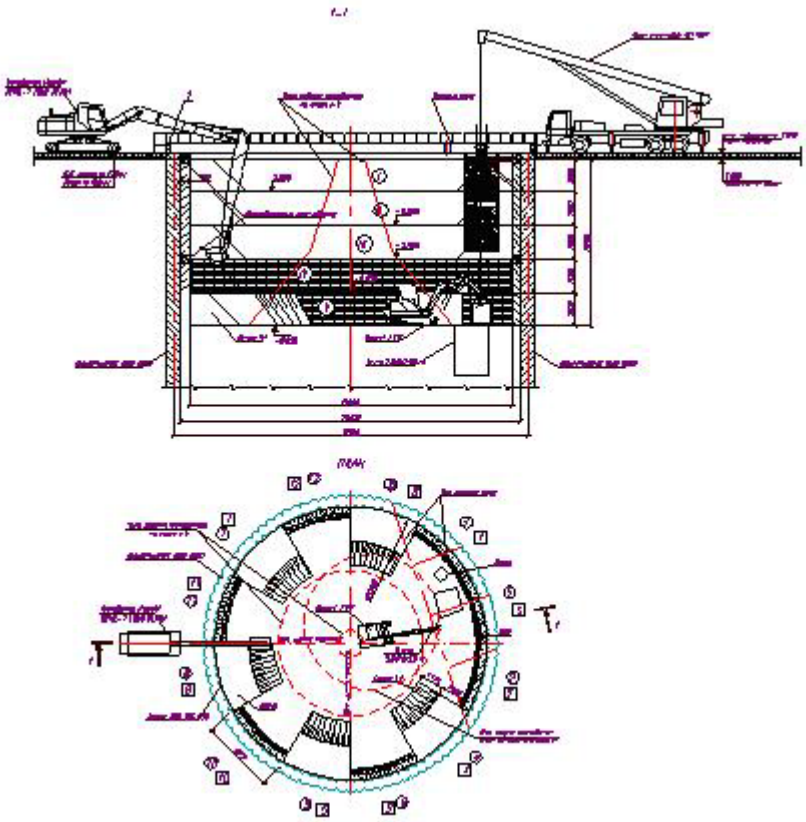


Рисунок 5. Сооружение шахты паркинга

Поместим модель паркинга под жилым 8-миэтажным домом. Здание запроектировано в створе существующих домов №28 и №32 по Малому проспекту ПС. Основной вход в здание расположен со стороны Малого проспекта, въезд в автостоянку организован через арочный проем в проектируемом доме. Вход в автостоянку и технические помещения расположены со стороны двора. Проектируемое здание занимает участок площадью 686 м^2. Площадь строительной площадки – 0,123га.

В первую очередь необходимо соорудить фундамент будущего дома из буронабивных свай Ø 420 мм и выполнить работы по усилению фундаментов существующих домов буроинъекционными сваями.

Затем приступаем к сооружению шахты будущей парковки. Опорная конструкция паркинга возводится либо способом «стена в грунте», либо созданием ограждения из буросекущихся свай.

Предусмотрено круглое очертание шахты с монолитной железобетонной обделкой диаметром в проходке 20,4 м. В качестве временного крепления предусмотрим ограждение из буросекущихся свай диаметром Ø880мм, сооружаемых по замкнутой окружности, глубиной 18,5 м с заделкой концов свай в полутвердый суглинок. Принята щадящая технология устройства свай – бурение установкой «BAUER» с выемкой грунта и бетонирование под глинистым раствором, что дает минимальную осадку соседних домов.

Разработка грунта шахты ведется последовательно в 3 стадии в зависимости от глубины проходки.

На первой стадии производится сооружение шахты на глубину 10 м. Разработка грунта ведется заходками по 2 м с разработкой площади забоя по частям длинноруким экскаватором Hyundai, перемещающимся по бровке котлована и мини-экскаватором Bobcat, находящимся внутри котлована. По мере разработки заходок по периметру шахты монтируется инвентарная опалубка и бетонируется обделка. С шагом 6 м в шахте устраиваются армированные пояса шириной 0,5 м с привязкой арматуры к каркасам буросекущихся свай.

После разработки и бетонирования обделки 10 м шахты экскаватор Hyundai опускается в забой, монтируются бадьевые подъемы.

Далее проходка шахты ведется заходками по 2 м, с разработкой площади забоя по частям экскаватором Hyundai, с применением бадьевого подъема с погрузкой грунта в бадью экскаватором Bobcat. Одновременно с разработкой грунта производится монтаж инвентарной опалубки и бетонирование боковых заходок. С шагом 6 м устраиваются армированные пояса h=0,5м. На отметке дна шахты устанавливается опалубка, устраивается щебеночная и песчаная подготовки и бетонируется плита днища S=50см.

На третьей стадии производится сооружение котлована под лифтовый подъемник. Котлован Ø6,7 м и глубиной 2,9 м расположен в центре шахты. Разработка грунта осуществляется вручную погрузкой грунта в бадью.

При достижении проектной отметки производится возведение монолитной железобетонной обделки с внутренним диаметром 6,2 м и устраивается монолитное бетонное днище h=0,4 м.

После окончания проходки шахты производится ее технологическое оснащение – устройство перекрытий, лифтовых подъемников, насосов, трубопроводов и другого оборудования, необходимого для работы паркинга.

Внутренняя конструкция сделана путем монтажа на нижнюю плиту сборных железобетонных элементов, образующих этажи паркинга. Отдельные элементы соединены вертикально арматурными стержнями для передачи вертикального и сдвигающего напряжения, а также соединены горизонтально при помощи дополнительного монолитного бетона. Крыша представляет собой цельную железобетонную плиту, уложенную в месте, которое связывает все сборные элементы самого верхнего этажа. Внутренняя конструкция не подвергается нагрузке со стороны внешней опорной конструкции, ее можно рассматривать как независимое сооружение, установленное внутри цилиндра. Стальная опора и направляющие элементы для транспортировки и парковки автомобилей монтируются на различных уровнях паркинга.

Рисунок 6. Монтаж внутренних конструкций паркинга

После окончания всех работ сооружаются монолитные ленточные ростверки высотой 1 м, в которых предусмотрены гильзы для пропуска коммуникаций. Строительство паркинга не повлияло на внутренние конструкции и архитектуру жилого дома. Здание возводится по прежней технологии.

Продолжительность строительства паркинга составит 6 мес. Сметная стоимость строительства шахты паркинга составит порядка 100 млн. руб. в ценах на май 2009 г. [5]. Стоимость «начинки» варьируется в пределах 1 млн. евро.

Несмотря на высокую стоимость начальных капиталовложений, зарубежный опыт строительства механизированных паркингов показал экономическую и практическую эффективность подобных проектов. Хочется надеяться, что сооружение таких паркингов в скором времени будет являться одним из приоритетных направлений в развитии инфраструктуры города.

Литература

1. Кирман Д. Ненужный нужный паркинг или like cures like // Деловая недвижимость, №4-5 (112). СПб, 2009.
2. Конюхов Д.С. Использование подземного пространства. Учеб. пособие для вузов. М., 2004.
3. Ивахнюк В.А. Строительство и проектирование подземных и заглубленных сооружений. М., 1999.
4. http://www.trevipark.co.uk.
5. Вестник ценообразования в Санкт-Петербурге, №5 (29). СПб, 2009.

**Ольга Михайловна Львова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. моб.: +7(905) 212-92-07; *эл. почта: olgalvova@inbox.ru*

Комплексное применение монолитного пенобетона при строительстве в труднодоступных районах добычи энергоресурсов

Аспирант ГОУ СПбГПУ И.А. Лундышев

Наша страна обладает огромными запасами природных ископаемых энергетических ресурсов. Более того, нынешняя реальность такова, что от состояния рынка нефтегазовых ресурсов зависит вся экономика Российской Федерации. При этом ситуация осложняется крайне тяжёлыми климатическими условиями мест основной нефтегазовой добычи, отсутствующим или слабым транспортным развитием районов добычи, нехваткой рабочей силы в секторе, отсутствием развитой промышленной и строительной индустрии. Всё это делает необоснованно дорогим использование классических способов строительства, когда для строительства зданий требуются отдельные мощности, для строительства трубопроводов другие, а для строительства дорог щебень приходится привозить из соседних областей. Одним из возможных способов уменьшения стоимости строительства является унификация используемых материалов. Здесь на первый план выходит применение монолитного пенобетона, который благодаря возможности использования одного оборудования для производства как теплоизоляционных, так и конструкционных пенобетонов может использоваться для комплексных решений в строительстве в удалённых районах нефтегазовой добычи.

Строительство жилых зданий и сооружений в районах эксплуатации трубопроводов

При строительстве вахтовых поселков и насосных станций наиболее дешевым является каркасно-щитовое домостроение, которое с давних пор применялось в России, при этом для утепления применялись дающие осадку насыпные материалы, опилки или шлак.

Пришедшие с Запада утеплители в виде минеральной ваты и пенополистирола хотя и улучшили теплозащиту, но не сделали эти дома долговечными и комфортными для проживания. Минеральная вата с течением времени намокает и провисает, пенополистирол в случае пожара выделяет отравляющие вещества. Обязательное применение парозащитных пленок делает стены не дышащими, что требует наличия хорошей принудительной вентиляции, а забор для этого холодного воздуха зимой сводит на нет теплозащиту материала.

Существенным прорывом в малоэтажном домостроении является технология, совмещающая использование деревянных или легких металлических конструкций в каркасно-щитовом домостроении с получением на стройплощадке монолитного неавтоклавного, теплоизолирующего, звукоизоляционного или конструкционного пенобетона, используемого во всех элементах и узлах здания [1,2].

Первые дома по такой технологии в режиме круглогодичного строительства были построены еще в 1999-2000 гг. под Санкт-Петербургом. В качестве наружной и внутренней несъемной опалубки применялись цементно-стружечные плиты и гипсокартонные листы, между которыми заливался монолитный пенобетон. Жилые здания этого варианта каркасного типа, с основой из монолитного ленточного фундамента.

Для сейсмических районов здание усиливается комплексными включениями, с продольными и поперечными стенами. Сейсмические и несущие рамы совместно со стенами образуют жесткую схему здания. Перекрытия с замоноличенными ребрами и сейсмопоясами работают как единые диски, воспринимающие нагрузки.

Прочность и устойчивость здания обеспечивается совместной работой колонн, связанных между собой ригелями и перекрытиями, которые образуют геометрически неизменяемую систему. Ригели соединены со стенами металлическими анкерами. Также данная технология позволяет строить на плохих грунтах (заболоченность, вечная мерзлота), т.к. легкость конструкции и применение теплоизоляционного пенобетона в отмостке позволяет защитить земляное полотно от промерзания или оттаивания.

Таблица 1. Калькуляция квадратного метра стены толщиной 350 мм из монолитного пенобетона D300 [3].

№ п/п	Элементы затрат	Величина затрат, руб
1	2	3
1	**Раздел 1: Пенобетон** Материалы: Портландцемент М400 (0,12 т * 3500 руб/т) Пенообразователь (0,9кг*106 руб/кг) **Итого по материалам:**	 420 95,4 **515,4**

	ФОТ (0,95 чел/час * 69,43 руб/чел/час) Машины и механизмы: Пенобетонная установка (0,28 маш/час*152 руб/маш/час) Электроэнергия (3,75кВт/час* 2.5руб/кВт/час) Вода (0,12*25) **Итого по разделу:**	65,96 42,56 9,38 3,00 **636,3**
2	**Раздел 2. Каркас** Материалы: Профиль направляющий 66*30 (1,4 м * 14 руб/м) Профиль направляющий 27*28 (1,7 м *10 руб/м) Профиль стойка 60*27 (6м*15 руб/м) Подвесы (3шт * 4 руб/шт) Дюбель (19 шт *0,4 руб/шт) Шуруп самонарезной (42 шт * 0,35 руб/шт) Закладные (деревянные) окон и отопительных приборов (0,007 $м^3$ * 3800 руб/$м^3$) Лист гипсокартонный, влагостойкий (1,4 $м^2$ *69 руб/$м^2$) Шуруп самонарезной (50 шт *0,35 руб/шт) Пена монтажная (0,2 бал. *120 руб/бал) Итого по материалам: ФОТ (3 чел/час * 69,43 руб/чел/час) **Итого по разделу:**	 19,6 17 90 12 7,60 14,70 26,60 96,60 17,50 24,00 325,60 208,3 **533,89**
3	**Итого по разделам 1 и 2:** Накладные, 90% от ФОТ Итого: Плановые накопления, 65% от ФОТ	**1170,19** 246,8 1417,02 178,3
4	**Всего:** **НДС, 18%** **Итого с НДС**	**1595,29** **287,15** **1882,44**

Пенобетон в трубопроводах

Сверхлегкий пенобетон для распространенных диаметров трубопроводов теплосетей по своим теплоизоляционным качествам не уступает ППУ изоляции, сохраняя при этом высокую надежность, долговечность, экологическую безопасность и простоту эксплуатации, а по потерям на теплопроводах даже превосходит ее. Монолитность пенобетона обеспечивает отсутствие мостиков холода, антикоррозийную защиту и невозможность расхищения теплоизоляции. Высокая технологичность монолитного пенобетона дает возможность прокладывать трассу на любой местности, а также в стесненных городских условиях. Возможна изоляция трубопровода с несколькими несущими трубами в единой конструкции – от 2-х и более. Монолитный пенобетон, согласно разработанным и утверждённым нормативным документам [4,5], используется при теплоизоляции наружной поверхности трубопроводов, предназначенных для:

а) нефти, нефтепродуктов (в том числе стабильного конденсата и стабильного бензина), природного, нефтяного и искусственного углеводородных газов из районов их добычи (от промыслов), производства или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива, газораспределительных станций, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий и портов);

б) сжиженных углеводородных газов фракций C_3 и C_4 и их смесей, нестабильного бензина и конденсата нефтяного газа и других сжиженных углеводородов с упругостью насыщенных паров при температуре плюс 40 ^{0}С не выше 1,6 МПа (16 кгс/$см^2$) из районов их добычи (промыслов) или производства (от головных перекачивающих насосных станций) до места потребления;

в) товарной продукции в пределах компрессорных (КС) и нефтеперекачивающих станций (НПО), станций подземного хранения газа (СПХГ), дожимных компрессорных станций (ДКС), газораспределительных станций (ГРС) и узлов замера расхода газа (УЗРГ);

г) импульсного, топливного и пускового газа для КС, СПХГ, ДКС, ГРС, УЗРГ и пунктов редуцирования газа (ПРГ).

Также монолитный пенобетон разрешено применять для:

- теплоизоляции наружной поверхности оборудования, паро-, газо-, водопроводов, газоходов и воздуховодов, расположенных в зданиях, сооружениях и на открытом воздухе с температурой содержащихся в них веществ от минус 180 ^{0}С до 600 ^{0}С;

- теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей при всех способах прокладки, и предназначенной для обеспечения их эксплуатационной надежности, безопасной эксплуатации и необходимого уровня энергосбережения;
- противопожарных перегородок зданий, помещений и сооружений предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности в целях обеспечения защиты людей от огня и лучистой теплоты при пожаре, т.к. открытые эвакуационные лестницы должны иметь со стороны этажерки сплошное ограждение (экран) из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч;
- укрепления основания траншеи для избегания возникновения просадки основания под трубопроводами;
- укрепления имеющихся вблизи трассы действующих оврагов и провалов, которые могут повлиять на безопасную эксплуатацию трубопроводов.

Применение пенобетона для теплоизоляции трубопроводов обладает также следующими преимуществами:

- при применении пенобетона отпадает необходимость подсыпки грунта и замены пучинистых грунтов на непучинистые и выравнивания и уплотнения грунтового валика над трубопроводом;
- на участках трассы трубопроводов, прокладываемых в пределах урочищ с интенсивным проявлением криогенного пучения применение пенобетона предупреждает деформации оснований. Эрозирующие овраги и промоины также хорошо укрепляются пенобетоном.

Строительство автодорог

Большинство территории России расположено на грунтах с низкой несущей способностью, а зачастую – на болотах. Грунты в основном глинистые. По дорожной классификации они относятся к пучинистым и очень пучинистым. Это грунты, которые зимой в увлажненном состоянии вспучиваются, а весной образуют просадки. Пучинообразованию также способствуют: высокий уровень грунтовых вод, выклинивание грунтовых вод на косогорах, дождливые и холодные затяжные осень и весна, местами мягкая зима с медленным промерзанием грунта и с оттепелями, чередующимися с сильными морозами, резкие колебания температуры весной, выпадение осадков в период оттаивания дороги.

В условиях городских магистралей проблема неблагоприятных грунтов усугубляется наличием разветвленной сети инженерных коммуникаций, которая оказывает негативное влияние на водно-тепловые процессы в грунтовых основаниях дорог.

Территория основной нефте- и газодобычи, а также транспортировки нефтепродуктов относится к районам сезонного промерзания грунтов. Поэтому наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожной одежды и земляного полотна (ВСН 46-83). Это приводит к увеличению толщины дорожной одежды и, следовательно, к удорожанию стоимости строительства. Выходом из этого положения является применение новых теплоизоляционных материалов с низкими коэффициентами теплопроводности и водопоглощения, но с достаточной прочностью. В идеале, при строительстве дороги вес основания дороги должен быть тот же, что и вес снятого грунта. Материалом, отвечающим всем этим требованиям, является монолитный пенобетон.

Использование монолитного пенобетона при строительстве автодорог позволяет [7]:

- повысить морозостойкость и несущую способность подстилающего грунта за счет образования плиты путем поглощения горизонтальных напряжений, возникающих в основании, что позволяет уменьшить его толщину;
- создать монолитную плиту с необходимой прочностью на изгиб;
- равномерно распределить нагрузки и сократить разрушающее воздействие на верхние слои и низлежащее земляное полотно дорожной одежды;
- предотвратить продавливание сыпучих материалов в мягкий грунт или болотистое основание;
- исключить выемку пучинистого грунта и его замену;
- снизить толщину дренирующего слоя за счет исключения поступления воды;
- ограничить или полностью предотвратить промерзание подстилающего грунта земляного полотна;
- не устраивать повышенные насыпи или теплоизоляцию торфа в зоне вечной мерзлоты, чтобы сохранить вечномерзлый грунт в основании (теле) насыпи;
- резко сократить количество привлекаемых людских ресурсов и дорожной техники (в связи с отсутствием необходимости вибрировать и уплотнять уложенный пенобетон);
- снизить материалоемкость дорожных одежд за счет применения нетрадиционных конструкций и, следовательно, уменьшить затраты на традиционные строительные материалы: песок, щебень, гравий;

- повысить технологические возможности при дорожном строительстве, значительно сократив количество техники, уплотняющей основание дороги;
- снизить затраты на содержание и текущий ремонт.

В качестве принципиальных вариантов конструктивных решений земляного полотна с теплоизоляционным слоем из пенобетона может предусматриваться конструкция, представленная на Рисунке 1. При этом теплоизолирующий слой может находиться как в основании насыпи, так и в её теле, либо в основании дорожной одежды.

Рисунок 1. Схема дорожного полотна с использованием пенобетона

Однако необходимо отметить, что теплотехнические показатели центральной части конструкции тем лучше, чем ближе к дорожной одежде находится вышеозначенный теплоизолятор. Но одновременно с выполнением этого условия ухудшаются (в плане теплотехники) условия работы откосных частей конструкции. С целью решения данного противоречия рекомендуется применять комплексные решения, выбираемые на основе нижеприводимых базовых конструкций.

В случае если необходимая для тепловой защиты насыпи толщина слоя из пенобетона по расчету оказывается большой и неэкономичной, можно применять двухслойный теплоизолятор: верхний слой более тонкий из пенобетона, нижний слой из материала с большой эффективной теплоемкостью – влажный суглинок и др. Это позволяет снизить толщину слоя из пенобетона до экономически приемлемого значения (рис. 2). Принципиальные схемы базовых конструкций при двухслойном теплоизоляторе сохраняются теми же, что упомянуты выше.

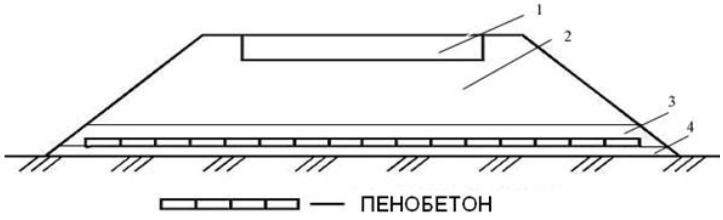


Рисунок 2. Схема дорожного полотна с использованием двух слоёв монолитного пенобетона, 1 – дорожная одежда, 2 – грунт насыпи, 3 – защитный слой, 4 – выравнивающий слой

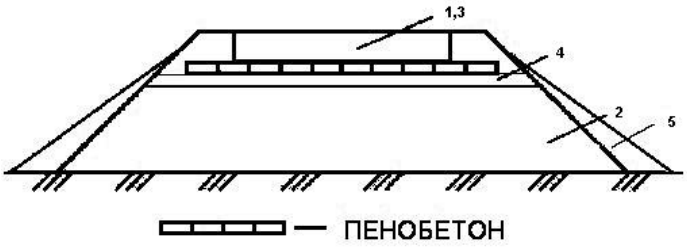


Рисунок 3. Схема дорожного полотна с использованием пенобетона непосредственно под дорожной одеждой, 1 – дорожная одежда, 2 – грунт насыпи, 3 – защитный слой, 4 – выравнивающий слой, 5 – присыпка

Данная конструкция применяется, когда требуется сохранить в мерзлом состоянии основание насыпи. Она обеспечивает термоизоляцию грунтов основания центральной части и под откосными частями насыпи земляного полотна одновременно, но характеризуется недостаточным использованием потенциала теплоизолятора, т.к. он расположен в подошве насыпи. В то же время данная конструкция характеризуется технологичностью и простотой в организации работ.

Конструкция, приведённая на рисунке 3, применяется для сохранения в мерзлом состоянии нижней части основания насыпи. Она характеризуется наиболее полным использованием потенциала теплоизолятора (поскольку теплоизолятор находится в верхней части насыпи), и максимально технологична, однако не обеспечивает термоизоляции грунтов основания под откосными частями насыпи. Для их термоизоляции могут применяться теплозащитные присыпки из мохоторфа или торфопесчаной смеси, толщину которых следует определять теплотехническим расчетом. Роль защитного слоя (3) выполняет грунт основания дорожной одежды.

Таким образом, рассматривая перспективу развития районов нефте- и газодобычи и сопутствующего строительства комплексно, можно значительно снизить затраты, используя монолитный пенобетон, производимый из местных материалов на унифицированном оборудовании, при строительстве дорог, трубопроводов и жилья.

Литература

1. Патент 63386 «Устройство ограждающей конструкции многоэтажного строения».
2. Альбом типовых решений в многоэтажном и малоэтажном строительстве с использованием монолитного пенобетона по технологии «СОВБИ» СП-II\2007. СПб, 2007.
3. Сборник ГЭСН (ФЕР)-2001-06 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные» Таблица ЭСН 06-01-117 и пр.
4. СТО-005-50845180-2007 «Теплоизоляция трубопроводов и оборудования неавтоклавным монолитным пенобетоном «СОВБИ». М., 2008.
5. Типовые решения прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенобетона «СОВБИ». Конструкции и детали. 313.ТС-0015.000.01. М., 2008.
6. Сборник ГЭСН (ФЕР)-2001-26 «Теплоизоляционные работы». Таблица ЭСН 26-01-13 и пр.
7. СТО-002-50845180-2007 «Применение неавтоклавного монолитного пенобетона «СОВБИ» в дорожном строительстве». М., 2008.
8. Методические рекомендации по теплоизоляции монолитным пенобетоном ограждающих конструкций малоэтажных зданий (на деревянном каркасе). СПб, 2007.
9. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».

**Игорь Андреевич Лундышев, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб.: +7(812)275-46-92, 275-46-77, 275-36-89

Эл. почта: finans@sovbi.spb.ru

Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве

К.т.н., с.н.с. ГОУ СПГУТД О.Н. Столяров, к.т.н., доцент ГОУ СПбГПУ А.С. Горшков*

Текстильная промышленность производит различные высокопрочные и высокомодульные полотна, используемые в строительстве как альтернатива традиционным строительным материалам. В строительных конструкциях уже более 100 лет в качестве арматуры для бетона используются стальные элементы, при этом сталь в железобетонных конструкциях воспринимает главным образом растягивающие нагрузки, а бетон — сжимающие. Железобетонные конструкции являются самыми распространенным материалом современной строительной индустрии. Наряду с целым рядом важных положительных свойств, их масса весьма велика, а применяемая металлическая арматура ограничивает размеры и форму выпускаемых изделий. Кроме того, стальная арматура подвержена коррозии. В армированных бетонных конструкциях существуют тонкие трещины, которые допускают проникновение воды и других химически активных веществ в области бетонной матрицы, находящиеся в контакте с армирующими элементами, вызывая, таким образом, коррозию арматуры, что в свою очередь может вызвать разрушение бетона.

Рисунок 1. Структурная иерархия текстильных материалов

Одним из путей повышения надежности и долговечности, а также существенного снижения нагрузок от собственного веса при использовании бетонных конструкций является применение текстильных материалов для армирования различных строительных конструкций. Текстильные материалы, используемые для армирования бетона, включают различные структурные уровни: волокно, нить, полотно (рис. 1). Во многих случаях металлический каркас может быть с успехом заменен текстилем. Более того, современные тенденции в производстве конструкционных материалов, армированных текстилем, заключаются в расширении области их применения, — от второстепенных, не несущих нагрузки элементов к первостепенным несущим конструкционным элементам.

В строительных работах часто возникает необходимость создания легких конструкций, таких как арки, перекрытия входов, навесы, козырьки, карнизы, и ряда декоративных элементов — бордюров, рельефов и т.п. Конструкционные композиты на текстильной основе становятся передовым строительным материалом, особенно подходящим для разнообразных легковесных строительных конструкций. Основная область их применения находится там, где применение стальной арматуры ограничено. Данные бетонные композиты могут изготавливаться с толщиной от 10 мм, что не всегда может быть достигнуто с использованием стандартной стальной арматуры. Более того, из-за исключительно выгодного соотношения веса и прочности данные структуры могут быть весьма полезными при производстве тонкостенных строительных конструкций, реставрации различных архитектурных элементов, при усилении и армировании стен старых зданий, а также при изготовлении и реставрационном восстановлении различных фасадных элементов.

Текстильно-армированные материалы могут быть также использованы для противостояния разрушающему воздействию влаги в бетонных настилах, парапетах, стенках, бордюрах. Другими примерами использования могут служить области, где необходима высокая коррозионная стойкость и низкая электропроводность. Использование текстильных материалов при армировании бетонов может улучшить прочность при растяжении и повысить его вязкость. Механические свойства армированного бетона зависят от свойств армирующих текстильных материалов, таких как прочность, удлинение при разрыве, модуль упругости, геометрия (длина, диаметр, форма), объемная доля волокон, адгезия к бетонной матрице и т.д. Основные преимущества текстильно-армированного бетона состоят в следующем:

- отсутствие коррозии;
- более тонкие и легкие конструкции;
- возможность создания сложных форм за счет превосходной драпируемости;
- легкость при обращении с полотнами;
- увеличенная долговечность конструкции.

Использование текстиля в качестве арматуры для бетона является относительно новой областью исследований. Армирование бетона текстильными структурами дает множество преимуществ. Бетонные элементы могут изготавливаться достаточно тонкими, поскольку отсутствует риск образования коррозии. В дополнение к этому текстильная арматура более гибкая и драпируемая, и поэтому форма бетонных элементов может широко варьироваться. Вследствие относительной дешевизны главным образом при армировании бетона используется щелочестойкие стеклянные волокна и нити. Также могут быть

использованы арамидные, углеродные и высокомодульные полиэтиленовые волокна и нити, а также текстильные полотна из них.

Армирующий механизм волокна или нити в бетонной матрице сильно отличается от полимерной матрицы из-за хрупкости бетона, т.е. низком удлинении бетонной матрицы, которое значительно меньше удлинения волокон. В полимерных композитах, матрица обычно более пластичная, чем волокно. Поэтому в бетонных композитах, матрица разрушается раньше, чем будут реализованы прочностные свойства волокна. Таким образом, армирование волокном становится эффективным главным образом после трещины матрицы, т.е. волокна будут способны воспринимать нагрузку после разрушения матрицы. Волокна с низким модулем упругости, такие как полиэтиленовые и полипропиленовые показывают плохое сцепление с бетонной матрицей, тогда как арамидные, углеродные обеспечивают прочное сцепление с матрицей.

В течение последних нескольких десятилетий при армировании бетонов широко используются волокна различного происхождения. Первыми для этих целей (начиная с 60-х годов прошлого столетия) стали использоваться стальные волокна. Области применения их достаточно широки: панельные перекрытия, настилы мостов, парковочные стоянки, полы, дорожные покрытия и т.д. Также стальные волокна используются в качестве дополнения к арматурным стержням для препятствования трещинообразованию и улучшения сопротивления к ухудшению свойств, являющиеся результатом усталости, удара, усадки и термонапряжений. Обычная доля стальных волокон составляет 0,5 – 2%. Стальные волокна могут использоваться при производстве конструкций с разнообразной формой. Они могут эффективно увеличивать вязкость, усталостную прочность, динамическую прочность, сопротивление порообразованию и снижают образование усадочных трещин. Основное преимущество стальных волокон по сравнению с остальными состоит в высоком модуле упругости. Однако по-прежнему основным недостатком является подверженность коррозии. Устранение этого недостатка может заключаться в применении стеклянных волокон. Бетон, армированный стеклянными волокнами, представляет собой материал, наполненный щелочестойкими стекловолокнами (AR glass fibers). Он производится одновременным формированием панелей из строительного раствора и рубленых стеклянных волокон. Объемная доля стекловолокон может доходить до 5%. Щелочестойкие стекловолокна, содержащие до 16% ZrO_2, имеют превосходное сопротивление щелочным воздействиям по сравнению с боросиликатными стекловолокнами (стекло марки Е). Несмотря на улучшенное кислотное сопротивление, долговременные испытания бетонных материалов на их основе показали снижение прочности с течением времени [1]. После продолжительного воздействия влажного климата, прочность и пластичность бетона снижаются почти до уровня неармированной матрицы из-за воздействий щелочной среды на волокна, уплотнения поверхности раздела волокно/матрица, вызванной гидратацией, и образования хлорида кальция вокруг пучков волокон [2].

Также при армировании бетона могут использоваться разнообразные натуральные волокна, включающие сизаль, джут, пеньку, минеральную шерсть, кокосовые волокна и ряд других экзотических волокон для наших мест. Их низкая стоимость, легкая переработка делает возможным их применение в строительной промышленности. Стоимость армированного бетона на основе натуральных волокон ниже, чем с использованием какого-либо другого вида волокон, и некоторые из них могут заменять асбестовые волокна. Доля натуральных волокон в композите может составлять до 10%. Среди многих преимуществ натуральных волокон, наиболее эффективными являются увеличение прочности на изгиб и пластичности бетона [3]. Однако из-за высокого водопоглощения и подверженности биоразрушению таких волокон стабильность и надежность свойств армированных бетонов на их основе часто неудовлетворительна.

Ещё одним типом волокон, используемым при армировании бетона, являются химические волокна. Химические волокна получают из волокнообразующих полимеров. Разнообразие свойств исходных синтетических полимеров позволяет получать волокна с различными свойствами. Многие виды синтетических волокон используются при армировании бетона. В общем случае высокомодульные волокна, такие как арамидные и полиэтиленовые с высокой плотностью, увеличивают прочность и вязкость бетона, обеспечивая тем самым упрочнение. Волокна с низким модулем упругости, такие как полипропилен, полиэтилен и др., главным образом улучшают вязкость бетона, а не его прочность [4]. При изготовлении композитов с хаотично расположенными волокнами, их объем составляет не более 3%, тогда как при использовании направленных нитей он может достигать 10%.

В настоящее время только полипропиленовые волокна получили широкое распространение при армировании бетонных материалов. Они используются либо в форме филамент, либо в форме фибрилированных пленок [5]. Их использование приводит к улучшению пластичности и снижению усадки при высыхании бетона. Найлоновые и акриловые волокна имеют низкий модуль упругости, и бетон, армированный этими волокнами, показывает лучшую пластичность и прочность при изгибе [6]. Арамидные волокна имеют высокий модуль и прочность и обладают хорошей адгезией с бетонной матрицей. Немногочисленные исследования, проведенные на арамидных волокнах, показали эффективность их использования при увеличении прочности при растяжении, изгибе и пластичности бетона [6-8]. Использование высокомодульных углеродных волокон увеличивает прочность бетона, однако они имеют более высокую стоимость по сравнению с другими видами волокон.

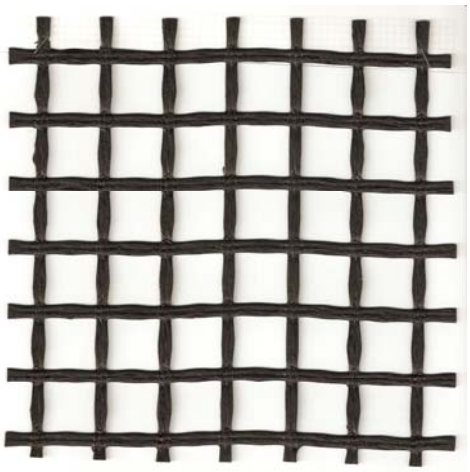
Наряду с волокнами при армировании бетона широко используются различные типы текстильных нитей. При этом необходимо учитывать сцепление текстильной арматуры с бетоном, потому что это влияние чрезвычайно важно для несущей способности конструкционных элементов. Сцепление текстиля с бетоном может быть улучшено за счет разнообразных структур нитей. Обычно текстильная арматура состоит из филаментных непрерывных нитей. При помощи изменения поверхности нити может быть улучшено ее сцепление с бетоном. Структуры нитей, применяемых для армирования бетона, включают оплетенные и обкрученные нити, которые улучшают сцепление с бетонной матрицей. Это воспроизводит структуру, схожую со стальной арматурой периодического профиля (рис. 2). При использовании технологии фрикционного прядения армирующая нить покрывается оболочкой, при этом создается структура нити с сердечником. В качестве сердечника обычно используются стеклянные, арамидные и другие высокопрочные нити. Оплетка состоит, например, из полипропиленовых штапелированных волокон, которые оплетают сердечник во время процесса прядения. При данной технологии создается рыхлая поверхность, которая улучшает сцепление с бетоном.

Рисунок 2. Создание периодического профиля

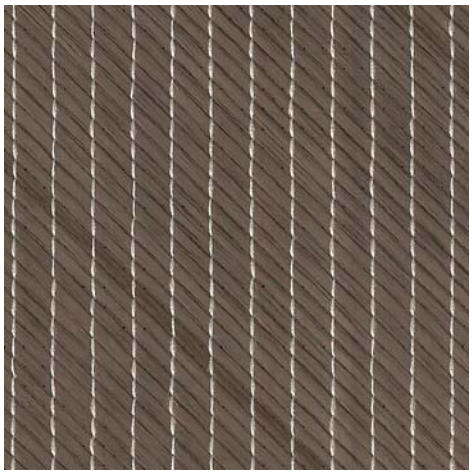
Для улучшения как внутреннего сцепления сердечника с оплеткой, так и наружного сцепления нити с бетоном данные структуры могут быть подвергнуты дополнительной обработке полимерами. Пропитанные нити обладают достаточно большей прочностью по сравнению с исходными за счет большего количества работающих филамент.

Для правильной реализации свойств нитей в бетоне необходимо их ориентировать в направлении действия нагрузки. Поэтому возникает необходимость производства следующего структурного уровня – текстильного полотна. Использование текстильных полотен в качестве армирующего компонента внутри тонких бетонных панелей началось в 1980-х годах. Имеется большое количество работ, связанных с применением текстильных сеток при армировании бетона, включая применение как натуральных [10], так и синтетических волокон [11, 12]. Структуры применяемых полотен также варьируются, могут использоваться как тканые [12], так и вязаные [13].

Современные текстильные технологии дают возможность производства разнообразных полотен технического назначения, обладающих большой гибкостью при проектировании геометрии изделий [14, 15]. Ориентация нитей в полотнах может быть в двух и трех направлениях действия нагрузки, также они могут состоять из нитей различного типа в структуре одного и того же полотна (рис. 3а, 3б). Все виды текстильных технологий пригодны для производства полотен технического назначения. Однако основное назначение таких полотен, как правило, связано с механическими, химическими и др. свойствами, а не с внешним видом и дизайном.



а - двунаправленное



б - многонаправленное

Рисунок 3. Текстильные полотна из высокопрочных нитей

Полотна, состоящие из комплексных нитей, снижают потенциальную возможность проникновения частиц бетона в пространства между волокнами, поскольку точки соединения полотна вызывают затягивающий

эффект, который удерживает нити на месте и предотвращает их от расширения. Поэтому проницаемость матрицы в полотно, особенно между филаментами, зависит от природы соединений в полотне и результирующего затягивающего эффекта, структуры полотна, количества филамент в нити и технологического процесса. Изготовление бетонных композитов, армированных текстильными полотнами, должно гарантировать хорошую проницаемость частиц бетона в полотне. При использовании текстильной арматуры, возможно интегрировать элементы, которые гарантируют правильное расположение текстиля внутри бетонного элемента.

Рисунок 4. Стеновая панель, в которой ограждающими наружными и внутренними слоями являются тонкостенные текстильно-армированные бетонные плиты (сэндвич-панель)

Текстильные полотна в общем можно разделить на плоские и объемные. Плоские полотна представляют собой полотна, в которых усилительные элементы (нити) расположены в одной плоскости и способны воспринимать нагрузку в двух направлениях. Они могут быть ткаными или вязаными. Данные полотна могут быть изготовлены с различными параметрами, такими как количество нитей на метр, размер ячейки и т.д. Свойства данных полотен можно существенно варьировать от анизотропных до изотропных за счет количества усилительных элементов (высокопрочных нитей) в поперечном сечении полотна.

В последнее время основное преимущество отдается вязаным полотнам за счет высокой производительности вязальных машин и широких возможностей регулирования их свойств. Деформируемость, присущая вязаным структурам, может быть идеально использована во время уплотнения бетонной матрицы и придания необходимой каркасной формы изделию или конструкции, а также для того чтобы получить необходимые механические характеристики конечного материала. Механические свойства вязаных полотен достаточно легко могут варьироваться за счет введения дополнительных протяжек, набросков, сдваивания петель и прокладывания каркасных основных и уточных нитей. Эти решения позволяют вырабатывать текстиль с заданными механическими характеристиками и требуемой материалоемкостью.

Среди всех текстильных структур самыми востребованными могут оказаться трехмерные армирующие полотна, которые имеют форму конечного продукта. Это приводит к экономии рабочей силы при производстве бетонных элементов. Примерами таких структур могут служить трехмерные основовязаные полотна. В трехмерных полотнах нити ориентированы в трех направлениях и могут воспринимать нагрузку в данных

направлениях. Главное преимущество таких полотен состоит в определенной форме в виде конечного армирующего каркаса. Два разносторонних слоя, расположенные в наружных слоях бетонного элемента, воспринимают растягивающие усилия, которые являются максимальными в данных местах. Разработка полотен, имеющих в своей структуре все усилительные элементы и также имеющих форму армирующего каркаса, является достаточно экономичной технологией. Два слоя могут быть спроектированы с разным расстоянием между ними. Также возможно оставить свободные области, если необходимо изготовить бетонные элементы с определенной внутренней формой.

Литература

1. Wang, Youjiang, Mechanics of fiber reinforced cementitious composites, Thesis (Ph. D.). Massachusetts Institute of Technology, 1989.
2. Stucke M. S., Majumdar A. J. Microstructure of glass fibre-reinforced cement composites // Journal of Materials Science, Volume 11, Issue 6, 1976.
3. D. G. Swift and R. B. L. Smith, The flexural strength of cement-based composites using low modulus fibres, Composites, Volume 10, Issue 3, 1979.
4. Peled A., Bentur A. Fabric structure and its reinforcing efficiency in textile reinforced cement composites // Composites, Volume 34, Issue 2, 2003.
5. Hannant D. J., Zonsveld J.J., Hughes D.C. Polypropylene film in cement based materials // Composites, Volume 9, Issue 2, 1978.
6. Wang Y., Backer S. An experimental study of synthetic fibre reinforced cementitious composites // Journal of Materials Science, Volume 22, Issue 12, 1987.
7. Walton P.L., Majumdar A.J. Properties of cement composites reinforced with Kevlar fibres // Journal of Materials Science, Volume 13, Issue 5, 1978.
8. Walton P.L., Majumdar A.J. Creep of Kevlar 49 fibre and a Kevlar 49-cement composite // Journal of Materials Science, Volume 18, Issue 10, 1983.
9. Konczalski P. and Piekarski K. Tensile properties of portland cement reinforced with kevlar fibers // Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 1, No. 4. 1982.
10. Mansur M.A., Aziz M.A. Study of bamboo-mesh reinforced cement Composites // The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 5, 1983.
11. Parton G.M., Shendy-El-Barbary M.E. Polystyrene concrete sandwich beams: stiffness and ultimate load analysis // International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 4(4), 1982.
12. Currie B., Gardiner T. Effect of low temperature on the flexural behaviour of Polypropylene Mesh Reinforced Fibre Cement Composite // Cement and Concrete Composites, 11(3), 1989.
13. Mu B. and Meyer C. Flexural Behavior of Fiber Mesh-reinforced Concrete with Glass Aggregate // ACI Materials Journal, 99(5), 2002.
14. Hanisch,V., Kolkmann A., Roye A., Gries T. Influence of machine settings on mechanical performance of yarn and textile structures, in proceedings: ICTRC 2006 1st International RILEM Symposium on Textile Reinforced Concrete, 2006.
15. Hanisch, V., Kolkmann, A., Roye, A., Gries, T. Yarn and textile structures for concrete reinforcements in proceedings: FERRO8, Bangkok, 2006.

**Олег Николаевич Столяров, Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна*

Тел. раб.: (812) 315-15-98, тел. моб.: +7(911) 999-94-96

Эл. почта: oleg.stolyarov@rambler.ru

Базальтофибробетон. Исторический экскурс

Доцент ГОУ СПбГПУ И.А. Войлоков*; С.Ф. Канаев (Ястржембский), США

Данный материал стал следствием моей переписки с одним из первых исследователей дисперсного армирования и, в частности, базальтовой фибры господином Ястржембским (Канаевым), ныне проживающим в США. Имя этого человека можно поставить в один ряд с корифеями, легендарными разработчиками этого направления в строительстве Ф.Н. Рабиновичем; И.В. Волковым; В.К. Кравинскисом; Л.Г. Курбатовым; К.В. Талантовой; Ю.В. Пухаренко; М.Н. Ваучским и другими. Заранее приношу свои извинения, если не упомянул кого-то. Надеюсь, данный материал заинтересует как специалистов, так и просто энтузиастов дисперсного армирования, так как все новое - это хорошо забытое старое…

В нашей сегодняшней реальности в строительстве применяются материалы как природного происхождения, так и синтетические, созданные человеком для альтернативной замены первых или для значительного улучшения физико-технических характеристик. В свою очередь, их можно разделить на мономатериальные (гомогенные) и композиционные (гетерогенные). Мономатериальные в большинстве случаев являются результатом переработки, осуществленной человеком.

Противоестественность сложившегося подхода подтверждается всё более отягчающейся экологической обстановкой, не только в промышленных зонах, но и вообще по всей земле.

Переработка сырьевых материалов в гомогенные требует постоянно возрастающего расхода энергетических ресурсов, что непосредственно приводит к высвобождению в экосфере огромных энергетических потоков. Таким образом, технологическая деятельность человека неизбежно ведет к глобальному потеплению.

Использование гомогенных материалов создает так же проблемы утилизации отходов, ввиду отсутствия природных механизмов переработки чистых веществ. Конфликт между стремлением разработчиков к увеличению сроков службы изделий и последующей необходимостью затрат колоссальной энергии на их утилизацию после морального устаревания, в рамках мономатериальных изделий неизбежно приводит к тому, что затраты на утилизацию постепенно приближаются к затратам на производство. Просто выбросить такие изделия в природу невозможно, поскольку они для природы противоестественны.

Кроме того, потребности техники сегодняшнего дня уже не удовлетворяются характеристиками существующих гомогенных материалов. Так, для создания термоядерной энергетики необходимы материалы, выдерживающие температуры свыше 2000^0С. Для реактивной авиации и ракетной техники требуются материалы, имеющие высокую стойкость к газодинамической и кавитационной эрозии. Возведение сооружений на океанском шельфе требует материалов с высокой водонепроницаемостью и морозостойкостью. Этот список можно продолжать. Важнейшим фактором является сочетание характеристик. Так, есть материалы, имеющие высокую прочность, но низкую деформативность, хорошие прочностные характеристики, но низкую морозостойкость. Керамика, например, является хорошим изолятором, но имеет низкую ударную прочность.

Естественным путем развития технологии является использование природных материалов без их разложения. То есть будущее по всем основаниям принадлежит максимально приближенным к природе *композиционным* материалам.

Состояние вопроса

Природными композитами являются древесина, все виды каменных материалов, латексы, глиноземы и т.д. Правильно подобранные природные композиты служат столетиями. Так, деревянные конструкции мельничных шлюзов в Англии прослужили более 400 лет. Сваи из лиственницы служат в Сибири по 200 лет.

Искусственные композиционные материалы известны с древности. Тысячелетия в строительстве применяют такой композиционный материал, как саман, и здания, построенные из него, стоят многие столетия. Несомненно, при проектировании материалов необходимо учитывать условия эксплуатации. Например, саман использовался в условиях низкой влажности, что и обеспечило долговечность строений. Керамические изделия исключительно долговечны, но их обломки засоряют окружающую среду.

В технике в настоящее время успешно применяются пластики, армированные стеклянными, углеродными и синтетическими волокнами.

Есть целая гамма привычных для нас материалов, которые являются на самом деле композиционными. Например, древесноволокнистые и древесно-стружечные плиты, асбоцемент и т.д. В качестве инновационного примера можно привести и достаточно новый, но уже хорошо зарекомендовавший себя в США композит на

основе древесной муки и специально подготовленного вяжущего. По своим экологическим параметрам он не уступает древесине, а по долговечности превосходит последнюю в несколько раз.

Реальным путем создания материалов, максимально приближенных к природным, имеющих прогнозируемые свойства и одновременно технологичных является разработка волокнистых композитов.

Такими композитами являются дисперсно армированные материалы: фибробетоны, фиброкерамы, фибролаты и т.д.

Фибробетоны являются типичными композиционными материалами с характерными для них особенностями и свойствами. В таких материалах сочетаются, обладающая сравнительно небольшой прочностью при растяжении матрица и, характеризующиеся значительным сопротивлением разрыву и более высоким по сравнению с матрицей модулем упругости волокна, рассредоточенные с направленной или произвольной ориентацией в объеме матрицы.

Впервые идея дисперсного армирования бетона была высказана в 1909 году Некрасовым В.Д., которым были проведены опыты по армированию бетона рубленым канатом. Этот опыт не имел практического применения в строительстве, так как для достижения необходимой прочности требовался больший расход металла, чем при направленном стержневом армировании.

В 1941 году архитектор Буров А. К. высказал идею армирования цемента стеклянными волокнами, однако эта идея также не была осуществлена из-за технологических трудностей.

Планомерные научные разработки в области создания нового строительного материала — фибробетона – были начаты в СССР и за рубежом в 60-е гг. XX века.

Разработка композитов. Исходные положения

Основной задачей при разработке волокнистых композитов является выбор волокна для армирования.

Требования к волокну определяются следующими условиями.

- стойкость к материалу матрицы;
- прочность на растяжение;
- образование химических связей с материалом матрицы;
- технологичность при приготовлении смеси;
- удобство формования;
- эффективность твердения;
- распространенность материала волокна;
- доступность технологии получения волокна.

Вторым вопросом является выбор матрицы.

Требования к матрице определяются следующими условиями:

- распространенность материала матрицы;
- технологичность при приготовлении смеси;
- нормируемая активность материала матрицы к волокну;
- стабильные характеристики материала матрицы.

На основе приведенных требований в СССР с 1979 года проводились работы по созданию целой гаммы базальтоволокнистых композитов.

Работы проводились непосредственно С. Ястржембским в научно-исследовательских, проектных, проектно-технологических институтах. Все разработки выполнены на базе ноу-хау, держателем которых является разработчик.

Базальтофибробетон. Вводная информация и термины

Фибробетон – композиционный материал на основе гидравлического вяжущего, в которое интегрированы различного рода волокна (фибры).

Гидравлическое вяжущее – портландцемент, глиноземистый цемент, напрягающий цемент, гипс и иные материалы, твердеющие при затворении водой с образованием камня.

Фиброарматура – моноволокна, нити, пряди, холст и иные волокнистые изделия, предназначенные для введения в бетон в качестве арматуры.

Дисперсная фиброарматура – фиброарматура конечной длины, равномерно распределенная при приготовлении композита.

Грубое базальтовое волокно – изделие, получаемое из базальтового расплава фильерным методом, диаметром 150-500 мкм.

Базальтофибробетон (БФБ) – композиционный материал на основе гидравлического вяжущего с мелкозернистым наполнителем (матрицы), дисперсно-армированной грубым базальтовым волокном.

Этапы работы

В период с 1980 по 1981 год была проведена работа по определению оптимальных технологических режимов перемешивания, укладки и твердения базальтофибробетона (БФБ), получены зависимости конечной прочности материала на растяжение от фиброцементного отношения в возрасте 7, 28 и 180 суток; определены деформационные характеристики; проведены микроструктурные исследования.

На основании экспериментального материала разработана методика подбора состава БФБ. Данная методика опирается на корреляционные связи между фиброцементным отношением и прочностью БФБ на осевое растяжение.

Исследования более чем 2500 образцов позволили выявить указанную зависимость и представить ее в виде номограммы. Работоспособность методики подтверждена неоднократными испытаниями. Основные технические характеристики БФБ, установленные в работе, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики БФБ, установленные в работе

Наименование показателей	**Единица измерения**	**Минимум**	**Максимум**
Плотность	кг/м^3	2720	2775
Объемная масса	кг/м^3	1750	2120
Пористость	%	21,0	35,9
Открытая пористость		0,019	0,11
Морозостойкость	Цикл	200	500
Теплопроводность	Вт/м^{0}С	0,8	1,0
Предел прочности при сжатии (призменная прочность)	МПа	22,0	52,0
Предел прочности при изгибе (растяжение)	МПа	4,5	20,0
Предел прочности при растяжении (осевое)	МПа	3.%	15,0
Модуль упругости при растяжении	ГПа	18,0	28,5
Коэффициент Пуассона	ГПа	0,13	0,23
Ударная прочность	Кдж/м^2	8,0	19,0

В 1981 году был выпущен отчет, он прошел рецензирование в ЦНИИ Промзданий и получил положительное заключение.

В период с 1982 по 1984 год были проведены следующие работы: продолжены испытания прочностных характеристик БФБ; проведена проверка соответствия методики подбора составов при изменении вяжущего и введении добавок. В качестве вяжущего применялся портландцемент, в качестве добавки бутадиен-стирольный латекс СКС-65 ГП марки Б. Установлены зависимости между прочностью материала на осевое растяжение и прочностью при изгибе; установлено оптимальное содержание латекса в смеси; выявлены технологические параметры смеси при введении бутадиен-стирольного латекса.

Непосредственно в 1983 году были детально изучены возможности применения технологии торкретирования с помощью БФБ, приготовления сухих смесей; измерены длины и диаметры волокон на различных стадиях обработки смеси; определены зависимости l/d волокна от характеристик смеси. Также подтверждена необходимость предварительного увлажнения песка при приготовлении смеси; подтвердилась возможность подачи смеси по гибкому шлангу или бетоноводу бетононасоса; установлена необходимость снижения диаметра волокон при подаче по шлангам и бетоноводам.

На основании результатов экспериментальных исследований была выведена эмпирическая формула зависимости l/d от диаметра волокна и реологических свойств смеси.

Также были изготовлены масштабные модели обделки гидротехнических водоводов d=2,5 м (1:3) и проведены их стандартные испытания на стенде. Результаты испытаний показали, что прочностные характеристики торкретфибробетонной конструкции тоннельной обделки соответствуют установленным расчетным показателям, то есть выдерживают нагрузку, на которую испытываются железобетонные конструкции, причем низкое водопоглощение (в среднем 2,49% по объему) и низкая открытая пористость (в среднем 0,031%) позволяют применять БФБ в конструкциях, работающих под давлением до 5 кг/см^2 без дополнительной гидроизоляции. По результатам испытаний также был выпущен отчет (1983 г.)

Промышленное внедрение и испытания

При внедрении в промышленность наиболее эффективно БФБ показал себя именно в горняцком деле. В феврале 1982 года Торезский завод железобетонной шахтной крепи начал производить опытно-промышленный выпуск затяжек шахтной крепи и шпал широкой колеи.

Расчет состава БФБ производился по методике, разработанной на основании экспериментальных исследований, изготовление - по технологии, разработанной в лабораторных условиях.

Затяжки шахтной крепи были установлены в реальные условия эксплуатации на шахте. Замечаний по качеству не поступило. Испытания шпал производились в Донецком филиале ПромтрансНИИПроекта. Шпалы испытывались на статические и динамические нагрузки от подвижного состава. Проведенные опытно-технологические работы подтвердили правильность выбранной технологии и соответствие расчета фактическим показателям изделий.

Изготовленные из БФБ шпалы были уложены на рабочем участке промышленных путей на НПО Тулачермет (г. Тула), в зоне прохождения металлургических ковшей. Одновременно проведены натурные испытания участка пути 50 м с примыканием к стрелочному переводу и участку с деревянными шпалами. Были сделаны тензометрические замеры, определены динамические характеристики путевой конструкции с базальтофибробетонными шпалами. Благодаря проведенным длительным наблюдениям (2 года) за работой рельсошпальной решетки была установлена возможность применения базальтофибробетонных шпал вместо преднапряженных железобетонных в путевых конструкциях с погонными нагрузками 380 кН на 1 метр пути и динамическими нагрузками от оси подвижного состава до 560 кН. Вышеозначенные шпалы находились в эксплуатации более 5 лет. Выполненная работа оформлена актом изготовления и испытания конструкций от марта 1982 г.

В 1983 г. на Ивантеевском ЗЖБИ было осуществлено опытно-промышленное изготовление элеваторных элементов типа СП. Расчет составов производился по разработанной методике. Элементы изготавливались на действующем производстве с использованием штатной бортоснастки и промышленного оборудования. Испытания элементов производились в институте ЦНИИЭПсельстрой по стандартной методике, они показали, что расчетная несущая способность элементов соответствует фактической. В данном расчете был принят изгибающий момент по серии 3.702-1.79 вып. 1 (ЦНИИПромзернопроект), равный 2,25 тс. м с коэффициентом безопасности 1.2, что соответствует фактическому предельному изгибающему моменту, полученному при испытаниях и равному 2,62 тс. м.

Дальнейшие опытно-промышленные работы по отработке конструкций из БФБ производились с 1983 по 1986 год. За время проведения работ были проведены опытно-промышленные формовки и испытания конструкций.

В 1983 На Калининском ЭСДСК были изготовлены плиты перекрытия ТП.

На Броварской ОЭЗ СК в 1984 г. были изготовлены перемычки рядовые брусковые 1ПР38-15.12.22у. Перемычки были испытаны в заводской лаборатории и показали соответствие расчетной несущей способности фактической. Разрушающая нагрузка в возрасте 24 часов (сразу после пропарки) составила от 2500 до 2125 кг, что соответствует от 100% до 85% несущей способности, установленной по сер. 1.138-10, вып. 1. В возрасте 28 суток указанная несущая способность составила 130% и 100% соответственно.

В том же году на Коростышевском ЗЖБИ были изготовлены:

- плиты ленточных фундаментов ФЛ 14-24-2;
- перемычечные блоки СБ-12.26.2;
- плиты перекрытия ПК-54.15.

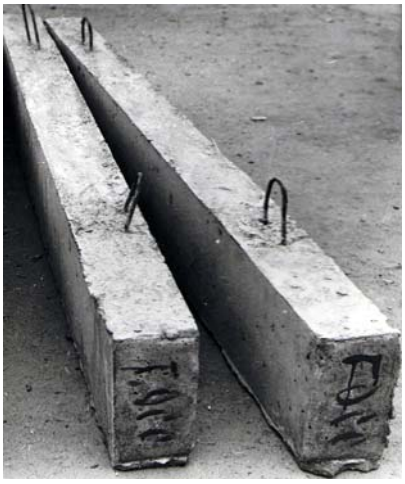


Рисунок 1. Базальтобетонная перемычка

По результатам испытаний плит перекрытий было установлено, что формообразование многопустотных плит возможно традиционными

методами, и что для организации производства таких изделий необходимо продолжить отработку технологии их изготовления, а составы назначать по расчету. Несущая способность плит в возрасте 5 суток составила 56% от проектной, что подтвердило возможность и при существующей технологии сэкономить до 40% рабочей арматуры в таких изделиях.

Сваи. Изготовление пирамидальных свай длиной 2,5 м. было осуществлено в 1985 году на Емельяновском ЗЖБИ. 28.11.1985 Днепропетровским территориальным отделом были произведены динамические испытания свай. Они показали, что до момента образования трещины угла головы сваи несущая способность свай составила 36 тонн. Сваи забивались в грунт, промерзший на глубину до 10-15 см. По результатам этих испытаний была проведена корректировка технических условий на сваи и утверждены ТУ на опытную партию ТУ 69 331-86.

Там же на основании уже разработанных ТУ в 1986 году было осуществлено изготовление опытной партии конструкций.

В мае 1986 г. На Емельяновском ЗЖБИ не был завершен монтаж полигона по выпуску БФБ конструкций, проект которого был разработан институтом Укргипросельстройиндустрия (шифр проекта 1096/1). Поэтому изготовление опытной партии осуществлялось на бетоносмесителе, установленном временно непосредственно на полигоне. Дозировка составляющих в связи с этим производилась вручную. Был выполнен расчет и подбор составов БФБ отдельно для каждой конструкции.

Всего было изготовлено: пирамидальных свай СПР-2 – 12 шт.; забивных фундаментных блоков ЗБ-9 – 10 шт.; плит ленточных фундаментов – 5 шт.; свай призматических – 4 шт.

Назначенные составы при испытаниях образцов, отобранных из рабочей смеси при изготовлении конструкций в лаборатории завода, показали соответствие фактических характеристик расчетным. Подробное описание процесса изготовления и результатов испытаний сопутствующих образцов было изложено в утвержденном паспорте изделий. Приемочные испытания проводились комиссией Госстроя СССР в поселке Марьино под Москвой по методике треста Мосстрой-5. К приемочным испытаниям были предъявлены сваи СПР-2 и блоки ЗБ-9. Конструкции транспортировались с Емельяновского ЗЖБИ автотранспортом на расстояние 1100 км. Благодаря дисперсному армированию доставленные изделия повреждений не имели. Результаты испытаний приведены в акте и протоколе приемочных испытаний от 11.11.1987.

Выводы и предложения

Во всех вышеперечисленных случаях БФБ обеспечивал полное исключение металлического армирования в строительных изделиях.

В связи с перестройкой на момент приостановления работ в 1987 году, а также ввиду отсутствия финансирования программа была свернута. Но было сделано многое:

- отработаны составы и технология изготовления изделий;
- отработана и апробирована в производственных условиях технология получения кондиционного базальтового волокна;
- отработана и апробирована в производственных условиях методика расчета и назначения составов БФБ;
- разработаны и утверждены ТУ на опытную партию пирамидальных свай и забивных фундаментных блоков;
- изготовлены в производственных условиях и представлены на приемочные испытания реальные конструкции из БФБ;
- оформлены и утверждены Госстроем СССР акты и протоколы приемочных испытаний конструкций;
- разработаны и подготовлены к утверждению Госстроя СССР постоянные технические условия на «Базальтофибробетон», «Смеси базальтофибробетонные», 12 типов конструкций из базальтофибробетона;
- разработаны Временные строительные нормы «Проектирование, изготовление и применение конструкций и изделий из базальтофибробетона»;
- приняты для массового производства конструкции пирамидальных свай и забивных фундаментных блоков из БФБ и подготовлены к приемке еще 10 конструкций.

По технологии и оборудованию были сделаны также серьезные шаги. Изготовление всех конструкций в период с 1982 по 1986 г. осуществлялось на действующем производстве. Приготовление смеси осуществлялось на принудительных смесителях марок СБ-93, СБ-138, СБ-80, СБ-135 и т.п. Разработано и реализовано на Емельяновском ЗЖБИ решение полигонного производства БФБ изделий на базе узла МА-500/1. Также был разработан интегратор для подачи волокна в смеситель.

Благодаря упрощенной схеме подачи волокна удалось без значительных переделок наладить производство БФБ изделий на полигоне Емельяновского ЗЖБИ. Существующий полигон Емельяновского ЗЖБИ был рассчитан на производство 6000 м^3 БФБ конструкций в год, был полностью обеспечен оборудованием и мог быть запущен после установки транспортера подачи волокна в рабочий режим. Все работы по дооборудованию полигона Емельяновского ЗЖБИ под промышленный выпуск конструкций были проведены за 4,5 месяца.

Перспективы

Все вышеперечисленные материалы исследований и испытаний в полном объеме находятся в распоряжении разработчика, господина Ястржембского, он также владеет технологическими ноу-хау. В РФ также велась и ведется работа по БФБ. Вопрос организации производства изделий из БФБ по методике Ястржембского может быть решен в течение года на базе любого производства строительных конструкций, при наличии интереса, финансирования и испытательного оборудования для контроля качества изделий.

Состояние разработки позволяет сделать вывод, что применение базальтофибробетона в дорожном строительстве позволит создать практически вечное податливое дорожное покрытие без температурных швов. Такое покрытие может укладываться на любых грунтах на песчаное основание непрерывным способом с использованием широкозахватных укладочных машин. Базальтофибробетонное покрытие не требует укладки асфальтобетона, асфальта или иных дополнительных покрытий. Высокое сцепление с колесом обеспечивается за счет фактурной поверхности, образуемой волокнами. Уникальная морозостойкость, низкий коэффициент температурной деформации и водонепроницаемости обеспечивают высокую атмосфероустойчивость, а высокая деформативность и ударная прочность позволяет получить высокую конструкционную долговечность.

Также базальтофибробетон эффективен и в аэродромном строительстве. При этом отсутствие необходимости в температурных швах резко снижает динамические нагрузки на шасси самолетов. В нашей стране данные работы были проведены ГОУ «Военный инженерно-технический университет» (ГОУ ВИТУ), их результаты были с успехом использованы на ряде закрытых военных объектов.

Дисперсное армирование, и в частности базальтофибробетон, эффективно для любых типов гидротехнических сооружений, в том числе и с интенсивным потоком, поскольку имеет высокую кавитационную стойкость и водонепроницаемость. Защитные дамбы из базальтофибробетона гарантируют от затопления зоны, опасные с точки зрения цунами и наводнений. Он не разрушается от воздействия морской воды и волн. С применением хаотичного армирования резко повышается качество поверхности, а как следствие, долговечность всей конструкции в целом.

Пирамидальные сваи могут применяться в малоэтажном строительстве для зон сезонного затопления. Базальтофибробетон, как и простой бетон, может производиться на мобильных смесительных узлах. Не существует никаких проблем и препятствий для проектирования мобильных установок по производству базальтового волокна. То есть можно привозить на строительную площадку весь комплекс машин и производить материал на месте. Подвозится только цемент, инертный и базальтовый гравий, который можно добывать в любой точке мира. После завершения строительства комплекс просто перевозится на новое место. Появляется возможность строить в малонаселенных в настоящее время районах. Базальтофибробетон может позволить при широком внедрении сэкономить до 2 млн. тонн высококачественной арматурной стали в год. В перспективе реальна разработка установок по производству базальтового волокна из магмы действующих вулканов. В целом базальтофибробетон пригоден для применения во всех областях строительства в качестве эффективной замены железобетону.

Литература

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. М., 2004.
2. Скобинская А.А., Бамбура А.Н.,Ватагин С.С., Костиков В.С., Катцура Ю.А. Инструкция по технологии изготовления строительных конструкций из дисперсно армированного базальтофибробетона / НИИСК. Киев, 1992.
3. Пащенко А. А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. Наука строительному производству. М., 1988.
4. Петраков Б. И., Самодуров В. Н., Викснин И. Э. Композиционный материал базальтофибробетон // Военно-строительный бюллетень, № 2. М., 1990.

**Илья Анатольевич Войлоков, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. моб.: +7(921)944-52-99; эл. почта: ilya@voilokov.ru

Магнитная активация воды в промышленности строительных материалов. Применение магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит

Инженер ГОУ СПбГПУ Е.А. Эпштейн*; инженер ГОУ СПбГПУ В.А. Рыбаков

О том, что магнитное поле неким образом изменяет свойства воды, было известно еще в XIII в. Но лишь в XX веке на это явление стали обращать внимание физики и биологи. В 1945 году бельгийский инженер Т. Веймайерен получил патент на способ предотвращения накипеобразования в паровых котлах с помощью обработки воды в магнитном поле. Этот способ оказался столь эффективным и экономичным, что в разных странах Европы и Америки многие фирмы стали выпускать в продажу специальные установки различной конструкции для омагничивания промышленных вод.

Начало применения омагниченной воды в строительстве при затворении бетона относится к 1962 г. (Б.А. Нейман, СССР). С тех пор велись, и по сей день ведутся значительные исследования в этом направлении.

В настоящее время магнитоактивированная вода активно используется ведущими заводами при производстве глины, бетона, а также пазогребневых плит на основе гипсовых вяжущих.

Теоретические основы магнитной активации воды

В 1970-1980 годах вопросом влияния магнитной обработки воды, используемой для затворения, на процессы твердения цементного камня и гипса занимались многие ученые. Проводимые на протяжении долгих лет теоретические и экспериментальные исследования во многом являются противоречивыми и не дают окончательной физической картины сопутствующих явлений. Это связано с отсутствием возможности регуляции и постоянного контроля параметров, характеризующих объекты исследования, а также с нестабильностью условий экспериментов. Несмотря на это, на протяжении прошлого века данная технология в принудительном порядке использовалась без отчетливого и однозначного технико-экономического обоснования. На большинстве заводов наблюдался в той или иной степени ощутимый экономический эффект. Однако официально опубликованные результаты, предоставленные заводами-производителями, не были однозначными. Таким образом, вопрос численной оценки эффективности использования данной технологии до сих пор остается открытым.

Раскрытием сущности воздействия магнитного поля на воду и водные растворы занимались многие ученые, выдвинувшие множество гипотез, которые условно можно разделить на три группы.

1. Гипотезы, предполагающие влияние магнитных полей только на структуру воды.

Авторы этой группы гипотез сходятся в том, что магнитное поле неким образом влияет на водородные связи. Но механизм этого влияния трактуется по-разному.

Так, В.И. Миненко предполагал, что наложение внешнего магнитного поля вызывает «ларморову прецессию электронных орбит и ядер и поляризацию электронных облаков в молекулах воды, благодаря чему последние приобретают индуцированный магнитный момент, направленный антипараллельно внешнему полю. Вследствие этого энергия водородных связей изменяется, происходит их изгибание, а затем и разрыв, что влечет за собой изменение взаимного расположения молекул, а следовательно, и структуры воды» [1].

По мнению В.И. Классена [2], магнитная обработка воды приводит не к разрыву водородных связей, а только к их ослаблению. Н.С. Будько, И.П. Выродов считают, что магнитное поле воздействует лишь на дальний порядок молекул воды.

Ряд авторов связывают влияние магнитного поля с индуцированием электрического тока в воде, при этом такой ток усиливает гидролиз воды, изменяя соотношение между водородными и гидроксильными ионами.

2. Гипотезы, предполагающие влияние магнитного поля на ионы, находящиеся в воде. Эта группа гипотез объединяет наибольшее количество предположений относительно механизма этого явления.

Большинство сторонников данных гипотез подчеркивают роль влияния магнитных полей на гидратацию ионов. В основе «ионных» гипотез лежит действие магнитных полей на перемещающиеся в них ионы. Возникающая при этом сила Лоренца определяется уравнением:

$$F = KquH \sin\alpha \text{ , (1)}$$

где q – заряд иона;

H – напряженность магнитного поля;

u – скорость перемещения ионов;

α – угол между направлением поля и движением иона;

K – коэффициент пропорциональности.

Причем положительно и отрицательно заряженные ионы под действием сил Лоренца отклоняются в противоположные стороны.

3. Гипотезы, в основе которых лежит действие магнитных полей на коллоидные частицы, обладающие довольно большой магнитной восприимчивостью (паро- и ферромагнитные).

Сторонники этой группы гипотез предполагают, что взаимодействовать с магнитными полями в условиях магнитной обработки могут только паро- и ферромагнитные частицы субмикроскопических размеров, всегда присутствующие в воде. В подтверждение данной гипотезы приводятся многочисленные данные, где присутствие железа усиливает влияние магнитного поля на воду.

При удалении из воды солей железа эффект омагничивания в отдельных случаях не наблюдается.

Одни исследователи объясняют воздействие магнитной обработки слипанием мельчайших намагниченных частиц в агрегаты, которые являются центрами возникновения кристаллов. Другие отмечают возможность изменения поверхностных свойств коллоидных ферромагнитных частиц при намагничивании. Однако с позиции этой гипотезы нельзя объяснить многие физико-химические эффекты, вызываемые магнитной обработкой.

Приведенные выше гипотезы далеко не исчерпывают всего многообразия предположений и взглядов на сущность явлений, происходящих при магнитной обработке воды. Все они в какой-то степени достоверны, поскольку основаны на результатах экспериментов. Однако на настоящий момент пока не установлено окончательно, какой из перечисленных процессов ответственен за конечный результат.

Аппараты для омагничивания воды

Все магнитные преобразователи можно разделить на две группы: с постоянными магнитами и с электромагнитами.

Аппараты с постоянными магнитами имеют определенные преимущества и недостатки. К преимуществам относятся:

- сравнительная простота конструкции;
- отсутствие необходимости в техническом обслуживании;
- отсутствие необходимости в электропроводке;
- нетрудоемкая установка;
- возможность применения во взрывоопасных местах.

Основным недостатком таких аппаратов является невозможность оперативного регулирования напряженности магнитного поля.

Постоянные магниты изготавливают из специальных материалов, характеризующихся высокой коэрцитивной силой (значение напряженности магнитного поля, необходимое для полного размагничивания магнита) и остаточной магнитной индукцией. Как правило, в магнитных преобразователях воды применяются ферромагнетики и сплавы редкоземельных металлов. В последнем случае магниты создают сильное и стабильное поле, могут эффективно работать при температурах до 200 °С и почти полностью сохраняют свои магнитные свойства на протяжении нескольких лет. Для обработки воды в инженерных системах требуется переменное магнитное поле. В противном случае на поверхности магнитов или трубы, на которую смонтирован прибор, будут накапливаться частицы различных ферромагнитных примесей (ржавчина, частицы металла и т.д.). Поэтому преобразователи собирают из нескольких (от 4 и более) постоянных магнитов таким образом, чтобы положительный и отрицательный полюса чередовались.

Рисунок 1. Активатор с постоянными магнитами. Модель МПВ MVS Ду50 (ООО «Магнитые водные системы»)

Рисунок 2. Электромагнитый активатор воды УПОВС 2-5,0 (ЗАО «МАКСМИР-М»)

Основными достоинствами аппаратов с электромагнитами преобразователей являются:

- простота установки;
- возможность изменять мощность прибора в зависимости от расхода воды, позволяющие более качественно и гибко обрабатывать воду;
- существенное снижение количества электроэнергии, потребляемой преобразователем.

Основные недостатки данных приборов:

- постоянное потребление электроэнергии;
- обязательное условие нахождения источника переменного тока рядом с местом работы аппарата.

Стоимость магнитных преобразователей, работающих на электромагнитах, на порядок выше, чем у аналогичных приборов, использующих постоянные магниты.

В аппаратах этого типа электромагниты могут быть расположены как внутри корпуса, так и вне его. Последний вариант предпочтительней, так как упрощает изделие конструктивно и облегчает его обслуживание.

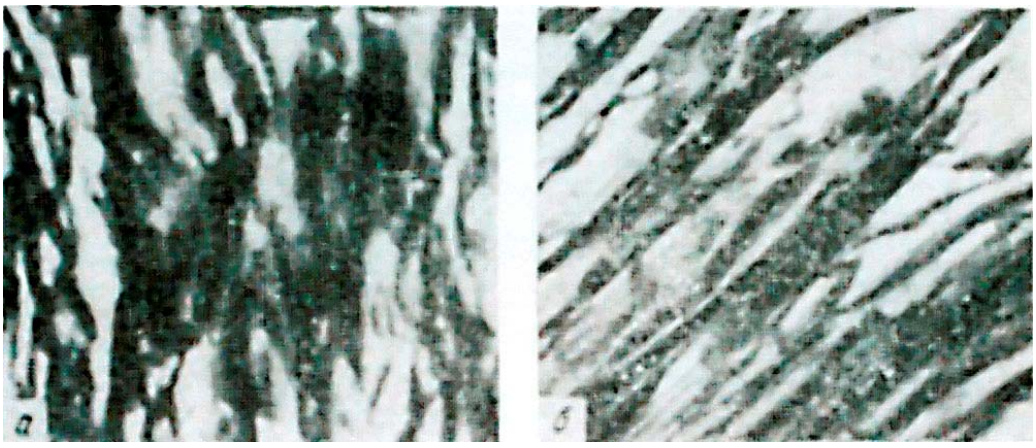
Применение магнитной обработки воды в промышленности

Известно много убедительных примеров эффективного применения омагничивания водных систем в различных отраслях промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и медицине. Главной причиной разнообразия областей применения омагниченной воды является ее важная роль и беспрецедентно широкая доступность и распространенность в промышленных и биологических процессах.

В промышленности нашлось много областей для применения омагниченной воды, среди которых производство бумаги, крашение тканей, нефтяная промышленность, производство хлора, пищевая промышленность и другие.

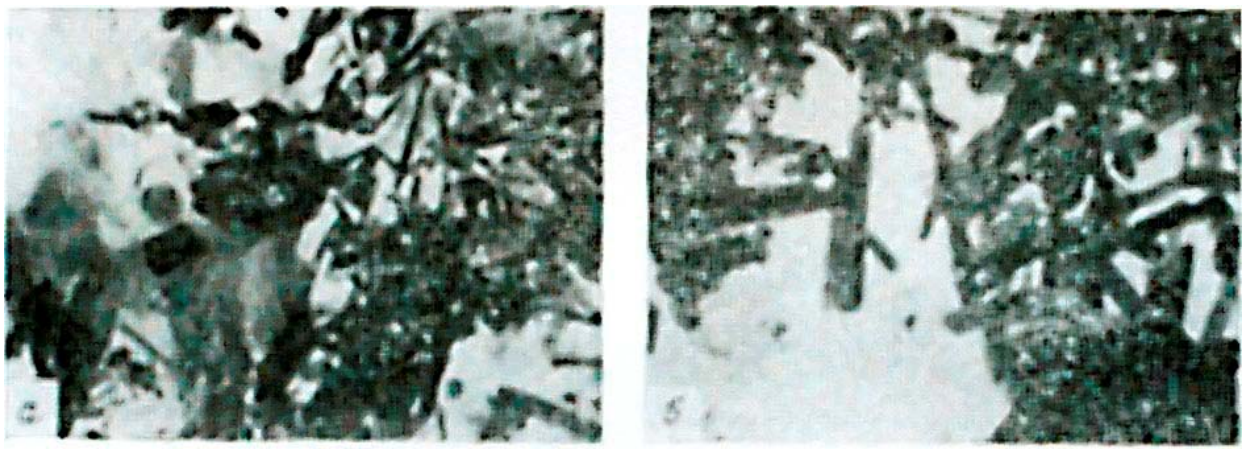
Так, рассмотрим результаты применения магнитоактивированной воды в производстве керамики.

Основные работы в этом направлении проведены Л.П. Черняком, И.П. Нестеренко, С.П. Ничипоренко, Н.Н. Круглицким и Р.М. Зайонцом, в которых показано, что при применении омагниченной воды формируются более совершенные псевдоконденсационные и кристаллизационные структуры дисперсий. После сушки наблюдается заметная упорядоченность глинистых частиц. На обычной воде такого явления не наблюдается, так как глинистые частицы образуют контакты различных типов (рис. 3). После обжига образцов, приготовленных на обычной воде, образуется муллит с недостаточно четкими кристаллографическими очертаниями. В образцах, приготовленных на омагниченной воде, возникают более крупные, четко очерченные кристаллы муллита (рис. 4).



а **б**

Рисунок 3. Электрономикроскопические снимки дисперсий Никифоровской глины после сушки: а – суспензии приготовлены на обычной воде; б — суспензии приготовлены на омагниченной воде.



а б

Рисунок 3. Электрономикроскопические снимки дисперсий Никифоровской глины после обжига: а – суспензии приготовлены на обычной воде; б — суспензии приготовлены на омагниченной воде.

Указанные эффекты приводят к существенному изменению свойств образцов после сушки и обжига. В случае применения омагниченной воды значительно возрастают прочность образцов и их объемная масса; водопоглощение при этом понижается. Четко прослеживается полиэкстремальная зависимость от напряженности магнитного поля. Сильно уменьшается пористость образцов.

Применение магнитной обработки воды в строительстве. Твердение цементного камня

В СССР стали применять омагниченную воду для затвердения цемента и бетона в 1962 году. С тех пор в этом направлении проводились значительные (хотя и недостаточно систематические) исследования, позволившие выявить перспективность метода.

Основываясь на результатах, полученных экспериментальным путем такими учеными как В.А. Улазовский, С.А. Ананьина, можно сказать следующее. Опытами установлено, что затворение цемента омагниченной водой приводит к значительному повышению прочности камня. Причем зависимость прочности от напряженности поля имеет экстремальный характер (рис. 5). Увеличение прочности зависит также и от скорости потока воды.

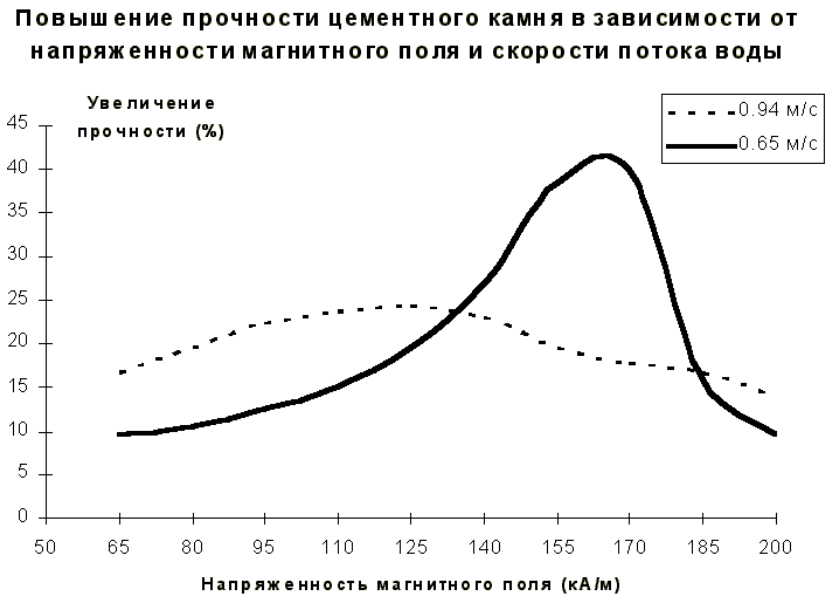


Рисунок 5. Повышение прочности цементного камня в зависимости от напряженности магнитного поля и скорости потока воды

При затворении обычной водой имеется значительный индукционный период выкристаллизовывания цемента; в случае же затворения омагниченной водой пластическая прочность начинает активно расти почти сразу же после затворения. При этом отмечено более быстрое диспергирование частиц до микронных размеров.

При использовании омагниченной воды цемент гидратируется в значительно большей степени, чем при использовании обычной воды, что способствует получению более твердой структуры камня.

Применение магнитной обработки воды в производстве бетона

При использовании омагниченной воды для затворения бетона прочность его возрастает на 10-25%, расход цемента уменьшается, а подвижность бетонной массы возрастает.

В разные годы исследования в этой области в лабораторных и промышленных условиях проводили: Г.К. Ярошинский, Ю.Г. Хохлова, С.Г. Покай, И.Л. Повх, В.Б. Совпель, Н.А. Бычин, А.И, Бережной, П.Я. Зельцер, О.П. Мчедлов-Петросян, В.Е. Зеленков, К.К, Кульсартов и многие другие.

Развернутое исследование влияния омагничивания воды затворения на плотность и морозостойкость гидротехнического бетона проведено Ю.И. Шипиловым, который установил, что в этом случае уменьшается водоцементное отношение бетона, улучшается его структура (уменьшается объем контракционных и капиллярных пор), что уменьшает водопроницаемость бетона. Все это значительно повышает морозостойкость бетона (более чем на 100 циклов замораживания-оттаивания).

В настоящее время технология омагничивания воды при затворении бетона используется на предприятиях, таких как Ростокинский завод ЖБК (Москва), Подольский ДСК (Московская обл.), ЖБИ-355 (Москва) и некоторые другие.

Помимо производства бетона омагниченная вода в строительстве также используется в следующих областях: сети горячего и холодного водоснабжения; установки для кондиционирования воздуха; центральное отопление; удаление накипи из трубопроводов; градирни и т.д.

Твердение гипса и других вяжущих

Гипсовые вяжущие вещества как строительный материал известны человеку с древних времен. Они использовались при возведении стен Иерихона, пирамиды Хеопса, зданий Помпеи и многих других исторических сооружений. В современном строительстве среди неорганических вяжущих гипсовые вяжущие занимают довольно скромное место – после цемента и извести.

Однако в последнее время благодаря простоте технологии, пониженным тепло- и энергетическим затратам и другим преимуществам их значимость возросла, и сейчас они завоевывают все большую популярность в строительстве. Изделия, выпускаемые на основе гипсовых вяжущих, по сравнению с другими стеновыми изделиями, отличаются гигиеничностью, сравнительно небольшой средней плотностью, высокой тепло- и звукоизолирующей способностью, огнестойкостью, архитектурной выразительностью, высокими технико-экономическими показателями и небольшими топливо-энергетическими затратами.

Вопросом затворения гипса омагниченной водой занимались многие ученые: А.Т. Логвиненко, М.А. Савинкина, О.П. Мчедлов-Петросян, А.Н. Плугина, А.В. Ушеров-Маршак и другие. Результаты, полученные при изучении влияния магнитной обработки на твердение гипса, мало отличаются от аналогичных результатов для цемента.

Так, А.Т. Логвиненко и М.А. Савинкина проводили опыты с различными образцами полуводного гипса, золой уноса и шлаком. Их опыты показали, что магнитная обработка воды приводит к росту прочности образцов со временем. Результаты исследования под электронным микроскопом показали, что в омагниченной воде образуются мелкокристаллические структуры. При этом число мелких кристаллов значительно больше, чем в обычной воде, что обуславливает высокопрочностые характеристики материала.

Отмечено также значительное влияние магнитной обработки на процесс гашения извести.

Экспериментальное исследование влияния магнитной активации

Как было показано выше, основная причина столь нераспространенного применения магнитоактивированной воды заключается в зависимости эффективности работы омагничивающих аппаратов от стабильности эксплуатационных параметров обрабатываемой воды, что, в свою очередь, и приводит к нестабильности получаемого результата.

Целью исследования, проведенного совместно с заводом «Кнауф-Гипс Колпино», явилось обоснование целесообразности применения магнитоактивной воды в производстве пазогребневых плит.

Пазогребневые плиты из гипса представляют собой монолитное изделие в форме прямоугольного параллелепипеда с пазогребневым стыком и высокой точностью размеров. Производится два типа плит: стандартные для обычных помещений и гидрофобизированные, которые применяются в помещениях с повышенной влажностью. Пазогребневые плиты предназначены для возведения ненесущих перегородок в зданиях различного назначения: жилых, производственных, гражданских, а также для внутренней свободностоящей облицовки несущих стен.

Гипсовые плиты легко поддаются механической обработке, поэтому возможна любая конфигурация стены, увеличение или уменьшение площади стены, размещение инженерных вводов и выводов в наиболее удобных местах. Высокое качество лицевой поверхности плит позволяет исключить процесс оштукатуривания возведенных перегородок. Выравниванию подлежат лишь места соединений блоков. Полученная поверхность перегородок из ПГП пригодна под любую отделку: окраску, оклейку обоями, облицовку керамической плиткой, декоративное оштукатуривание.

Нами был проведен ряд экспериментов с целью выявления того, каким образом магнитоактивированная вода влияет на затворение гипсового вяжущего. Задача эксперимента — определение свойств гипсового вяжущего и параметров образцов-балок из гипсового теста при использовании магнитоактивной воды.

Испытания гипсовых вяжущих проводились по ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний» [4]. Испытания проходили в лаборатории ЗАО «Подольский ДСК» (Москва), где установлен аппарат для электро- и магнитоактивации воды УПОВС 2-5,0 ЗАО «МАКСМИР-М» (см. рис. 2), куда было доставлено и гипсовое вяжущее.

Были проведены испытания по определению сроков схватывания гипсового теста, по определению предела прочности на сжатие и на растяжение при изгибе.

Для полноценного анализа поведения образцов-балок из гипсового вяжущего с размерами 160x40x40 мм, затворенных омагниченной и обычной водами, были отобраны образцы-балки с разными водогипсовыми соотношениями 0,67 и 0,89.

Таблица 1. Результаты испытаний образцов-балок, затворенных на обычной и омагниченной водах

Тип воды	**Сроки схватывания, мин:сек**		**Предел прочности, МПа**				**Сроки схватывания, мин:сек**		**Предел прочности, МПа**			
			Через 2 часа		**До постоянной массы (52 ч)**				**Через 2 часа**		**До постоянной массы (52 ч)**	
	начало	конец	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие	начало	конец	изгиб	сжатие	изгиб	сжатие
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	В/Г=0,67						В/Г=0,89					
Обычная	6:20	15:30	2,6	2,9	**3,9**	**12,3**	9:30	19:00	1,3	2,2	**2,46**	**4,45**
Омагни-ченная	5:15	13:35	2,6	3,1	**3,85**	**13,3**	9:20	18:30	1,7	1,72	**2,72**	**7,3**
МПа					**-0,05**	**1,00**					**0,26**	**2,85**
Величина расхожде-ния, %					**-1,3**	**8,1**					**10,6**	**64,0**

Результаты испытаний (табл. 1) показали, что при небольшом водогипсовом отношении (0,67) прочность образцов, затворенных на омагниченной и на обычной водах, практически одинаковы. Это объясняется тем, что низкое водогипсовое соотношение не дало возможности проявиться магнитным свойствам воды, подвергшейся соответствующему воздействию.

Однако прочность образцов, затворенных омагниченной водой, при водогипсовом отношении, соответствующем нормам по производству пазогребневых плит (0,89) [5], значительно больше прочности образцов, затворенных на обычной воде:

- прочность на сжатие на омагниченной воде больше на 64%;
- прочность на изгиб на омагниченной воде больше на 10,6%.

Как видно из табл. 1, омагничивание воды отражается на сроках схватывания гипсового теста. При водогипсовом отношении 0,67 и 0,89 при использовании для затворения магнитоактивированной воды сроки схватывания являются меньшими по сравнению со сроками при затворении на обычной воде.

Таким образом, проанализировав параметры гипсовых образцов, затворенных на омагниченной воде и на обычной воде, можно сделать вывод, что омагниченная вода положительно влияет на процессы схватывания гипсового раствора и на прочность гипсового материала.

На основании проведенных исследований был выбран подходящий магнитный активатор с постоянными магнитами (рис. 1) и вмонтирован в технологическую линию производства пазогребневых плит на заводе «Кнауф-Гипс Колпино» в двух местах: после отсечного клапана и после нагнетательного насоса, перед непосредственным сбросом воды в формующую ванну.

С использованием в производстве пазогребневых плит магнитного активатора был произведен сравнительный анализ затворения гипсового вяжущего на обычной и на омагниченной воде.

Как показало исследование, использование магнитной активации в технологическом процессе изготовления пазогребневых плит улучшает все основные параметры (водогипсовое отношение, сроки схватывания гипсового теста, пределы прочности на сжатие и на изгиб, относительную влажность изделий). И все это, таким образом, привело к улучшению двух основных стоимостных показателей: снижение расхода гипсового вяжущего и снижение расхода газа на производство пазогребневых плит.

Таким образом, применение омагниченной воды в технологии производства пазогребневых плит ведет к сокращению прямых затрат на производство.

Литература

1. Миненко В.И., С.М. Петров, М.Н. Миц. Магнитная обработка воды. Харьков, 1962.
2. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М., 1978.
3. Панов Н.П., Афанасьев В.П., Крупнов В.А. Свойства омагниченной воды и использование ее в сельском хозяйстве. М., 1992.
4. ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний».
5. СП 55-103-2004 «Конструкции с применением гипсовых пазогребневых плит».
6. Гульков А.Н., Заславский Ю.А., Ступаченко П.П. Применение магнитной обработки воды на предприятиях Дальнего Востока. Владивосток, 1990.
7. Гипсовые материалы и изделия: Справочник / Под ред. А.В. Ферронской. М., 2004.
8. Арадовский Я.Л., Тер-Осипянц Р.Г., Арадовская Э.М. Свойства бетона на магнитнообработанной воде // Бетон и железобетон, №4. М., 1972.
9. Афанасьева В.Ф. Магнитная обработка воды при производстве сборного железобетона // Бетон и железобетон, №11. М., 1993.
10. Ружинский С. Все о пенобетоне. Часть 2 – Омагничивание водно-дисперсных систем применительно к прикладному бетоноведению. – Свободный доступ из сети интернет. – <URL: http://www.ibeton.ru/a32.php>.

** Елена Аркадьевна Эпштейн, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. моб.: +7(904)619-48-72

Эл. почта: elenaepshteyn@gmail.com

Нанотехнологии в производстве бетонов и растворов. Факты и комментарии

Д. т. н., профессор ГОУ ВИТУ М.Н. Ваучский*

Исследования по модифицированию бетонов и растворов ведутся уже несколько десятилетий. В них принимают участие сотрудники научно-исследовательских институтов, университетов и частных научно-исследовательских компаний большинства развитых стран. Направлений и методов воздействия на физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства бетонной смеси, бетона и строительного раствора очень много. Это химические добавки, физические воздействия (магнитные и электромагнитные поля, электрические разряды, ультразвуковые волны), механические воздействия (вибрирование, набрызг, центрифугирование, прессование и их различные сочетания). В последнее время в отдельное направление выделены нанотехнологии. После того как с телеэкранов было объявлено о приоритетном развитии нанотехнологий и создании госкорпорации «Роснанотех», это направление стало модным и престижным.

Год назад в первом номере Инженерно-строительного журнала в рубрике «Опровержение» была опубликована статья М.Е. Юдовича «О некоторых особенностях нанотехнологий в пластификации» [1], посвященная не данным особенностям, а безапелляционной критике одной из моих статей [2], опубликованной в «Вестнике строительного комплекса» в развитие моего доклада на круглом столе [3].

В своей статье М.Е. Юдович написал, что 90% приведенного мной материала получено без моего участия и является легко доказуемым плагиатом. Это очень серьезное обвинение для любого ученого, а для меня вообще первое, поэтому отвечаю сразу, как только узнал об этой публикации (М.Е. Юдович не посчитал нужным сообщить мне о ней).

Зонтичный патент № 2233254 [4], в котором впервые упоминается об использовании нанокластеров углерода для модификации бетона, действительно имеет 8 авторов. М.Е. Юдович не упомянул, что он не входит в их число, и что патентообладателем является не только ЗАО «АСТРИН-ХОЛДИНГ», но и НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ. Дело в том, что наноматериалы для исследований поставлял ЗАО «АСТРИН-ХОЛДИНГ», а сами исследования (под моим руководством) проводились в лаборатории НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ. Основных авторов и реализаторов идеи было не 8 человек, а всего трое. А.Н. Пономарев осуществлял координацию действий участников, привлекал патентного поверенного и принимал участие в формировании заявки. В.А. Никитин готовил наноматериалы и их коллоидные растворы. М.Н. Ваучский проводил эксперименты по наномодификации бетонов, определению их физико-механических характеристик и вместе с патентным поверенным составлял текст заявки.

«Драматического» увеличения стоимости бетона тогда не произошло (расход наномодификатора составлял десятитысячные доли процента). Кроме небольшого (до 30%) увеличения прочности наблюдалось многократное увеличение ударной вязкости, а также кардинальное изменение протекания кристаллизационных процессов при формировании цементного камня. Промышленного внедрения в то время не произошло по другой причине – финансирование большинства исследовательских программ было свернуто. Спустя 3-4 года сразу несколько групп исследователей из различных организаций использовали наш патент в качестве прототипа собственных патентов, которые сейчас активно внедряются в самых разных областях.

К строительству моста через Волгу я действительно не имею отношения, и сфотографировал его именно М.Е. Юдович. Но на титульных листах ТУ на микрофибру и легкий бетон присутствует моя фамилия (совершенно постороннего, непричастного человека), и не в качестве исполнителя (как указывает М.Е. Юдович), а в качестве ответственного исполнителя. Научные работники хорошо понимают разницу между этими двумя обозначениями. Перед этим несколько лет мы с М.Е. Юдовичем у меня в лаборатории (полигон НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ) подбирали составы легких бетонов, дисперсно армированных базальтовой микрофиброй, и исследовали их свойства.

На момент публикации я не имел ни малейшего представления о том, кто является автором фотографии моста – она была мне предоставлена нашим общим с М.Е. Юдовичем руководителем А.Н. Пономаревым специально для демонстрации на круглом столе непосредственно перед его проведением.

А вот что касается электронно-микроскопических фотографий, то тут присутствует клевета. М.Е. Юдович утверждает, что эти фотографии впервые опубликованы А.Н. Пономаревым в «Вестнике гражданских инженеров», № 2(3) за 2005 г. [5]. Если кто-либо возьмет на себя труд открыть этот номер журнала, он увидит, что статье А.Н. Пономарева предшествует моя статья [6] с этими фотографиями. Даже не всматриваясь пристально, можно легко определить, какие из двух пар фотографий являются подлинными, а какие более поздней копией. Ранее (в 1999 г.) эти фотографии были получены мной на электронном микроскопе JSM 35 на кафедре аналитической химии Технологического института. Оператором микроскопа, распечатавшим

фотографии, был сотрудник Технологического института А.В. Горюнов. В дальнейшем мы использовали их для получения патента [4].

К разработке гидрофильных аддуктов углеродных нанокластеров действительно никакого отношения не имею, и никогда не утверждал ничего подобного. Более того, весьма смутно представляю, как М.Е. Юдович их получал. Мы в ГОУ «Военный инженерно-технический университет» получаем аналогичный продукт другим способом. Наш продукт вообще не содержит нанокластеров углерода, хотя и основан на углеродных частицах, размеры которых соответствуют нанодиапазону. Эффективность нашего продукта несколько ниже, чем у первых лабораторных проб М.Е. Юдовича, но не хуже, чем у того, который он сейчас пытается получить в промышленных объемах.

Теперь по поводу графиков, которые приведены в статье. Данные по модификации пластификатора актипласт, приведенные на рис. 5, получены мной лично в феврале-марте 2008 г. Приготовление бетона мы осуществляли в заводской лаборатории ООО «Навигатор», а испытание образцов – в ГОУ ВИТУ. Данные по модификации гиперпластификатора Sika ViskoCreat-125 получены мной и Б.Б. Дудуричем в апреле 2008 г. в ГОУ ВИТУ. М.Е. Юдович с этой добавкой никогда не работал, поэтому взять данные о ней из его работ в принципе невозможно. Он работал с первыми жидкими модификациями Sika ViskoCreat, а мы – с более современной порошковой. Более того, ни в одной из работ М.Е. Юдовича нет упоминания о том, что расход присадки к добавке следует определять от расхода добавки. Он везде считает от массы цемента.

В качестве уточнения можно отметить, что Л.Д. Соловьева вовсе не является (как утверждает М.Е. Юдович) начальником лаборатории ОАО «Полипласт». Ранее она работала начальником службы качества ООО «Полипласт Северо-Запад», а сейчас является директором департамента продаж этой организации. ООО «Полипласт Северо-Запад» не производит суперпластификатор С-3. Там выпускают суперпластификатор СП-1, который, также как С-3, имеет нафталин формальдегидную основу, но производится по другой технологии и, соответственно, имеет другой химический состав (в частности, он содержит до 10% сульфата натрия, который в С-3 отсутствует). Подобные тонкости имеют значение для специалиста в области бетоноведения.

Научные исследования по наномодификации бетонов и строительных растворов сейчас ведутся в большинстве развитых стран мира. В Санкт-Петербурге они проводятся в ГОУ СПбГАСУ, ГОУ ПГУПС, ГОУ СПбГПУ и, конечно, в ГОУ ВИТУ. Только за последние годы в этой области защищено несколько диссертаций и получено большое количество патентов. Поэтому уже никто не может получить эксклюзивные права на бетонные нанотехнологии.

Литература:

1. Юдович М.Е. О некоторых особенностях нанотехнологий в пластификации // Инженерно-строительный журнал, № 1. СПб, 2008.
2. Ваучский М.Н. Нанотехнологии в пластификации бетонных смесей // Вестник строительного комплекса, № 6-7 (56). СПб, 2008.
3. Дубровская Л.Д. Строительный рынок осваивает новые технологии современного строительства // Вестник строительного комплекса, № 6-7 (56). СПб, 2008.
4. Композиция для получения строительных материалов: Патент № 2233254 РФ МКП С 04 В 28:02 // С 04 В 111:20. Пономарев А.Н., Ваучский М.Н., Никитин В.А. и др. Заявлено 26.10.2000; Опубл. 27.07. 2004, Бюл. №21.
5. Пономарев А.Н. Синергизм наноструктурирования цементных вяжущих и анизотропных полимерных добавок в технологии конструкционных бетонов с повышенными эксплуатационными свойствами // Вестник гражданских инженеров № 2 (3). СПб, 2005.
6. Ваучский М.Н. Направленное формирование упорядоченной надмолекулярной структуры гидратированных минеральных вяжущих // Вестник гражданских инженеров № 2 (3). СПб, 2005.

** Михаил Николаевич Ваучский, Военный инженерно-технический университет*

Тел. раб.: +7 (812) 2725978

Эл. почта: wow_2@mail.ru

Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции

*К.т.н., доцент ГОУ ВИТУ Д.В. Курлапов**

В результате пожаров в зданиях повреждаются их конструкции вплоть до полного разрушения. Степень огневого воздействия на строительные конструкции зависит от их материала, размеров, температуры и длительности пожара.

Деревянные конструкции

При огневом воздействии на деревянные конструкции из них выделяются горючие газы, которые сгорают вне древесины. Под действием перегонки древесина нагревается и обугливается. Влажность древесины уменьшается, а прочность необугленных слоев конструкции возрастает. При заливе пожара водой древесина увлажняется, и ее прочность становится равной той, которую она имела до пожара.

При восстановлении деревянной обгоревшей конструкции весь обуглившийся слой древесины должен быть удален, т. к. он длительное время сохраняет неприятный запах. В деревянных конструкциях определяют сечение элементов за вычетом толщины обугливания.

Расчетное сопротивление древесины при этом принимают как для древесины, не подвергшейся огневому воздействию.

Стальные конструкции

Стальные конструкции выполняются из малоуглеродистой стали. При нагреве стальных элементов выше 600°С они получают большие деформации и не могут быть использованы по назначению.

Усиление стальных конструкций, подвергшихся огневому воздействию при пожаре, производится теми же методами, что и конструкций, не поврежденных пожаром. В стальных элементах определяют их сечение, при этом учитывая время возведения здания. Определяются прогибы в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Расчетное сопротивление стали принимают в зависимости от времени выпуска стального проката без учета огневого воздействия. При этом учитывают наличие искривлений оси поврежденного элемента.

Каменные конструкции

Каменные конструкции (стены, столбы, своды) повреждаются с поверхности. Повреждения выражаются глубиной шелушения кирпича. При этом конструкции из силикатного кирпича получают более глубокие повреждения по сравнению с конструкциями из керамического кирпича.

В результате тепловых воздействий при пожарах каменные стены и своды могут получить большие деформации, приводящие к образованию трещин. Усиливают каменные конструкции, поврежденные пожаром, так же, как и конструкции, не подвергшиеся огневому воздействию.

Остаточная несущая способность каменной кладки также зависит от температуры и длительности пожара. Камни кладки и раствор повреждаются только на ее поверхности. В расчетах остаточной несущей способности необходимо учитывать наличие трещин в кладке.

Железобетонные конструкции

Наиболее сложным является учет степени огневого повреждения при пожарах железобетонных конструкций. Разнородность материалов, составляющих железобетон, при нагреве приводит к разным температурным деформациям, нарушает связь между цементным камнем, крупным и мелким заполнителем и арматурой. В результате в железобетонных элементах происходят необратимые изменения механических свойств, снижение прочности на сжатие и растяжение, дополнительные прогибы.

Изменения механических свойств бетона при его нагреве и последующем охлаждении в настоящее время оцениваются очень приблизительно. Это затрудняет определение несущей способности железобетонных элементов, подвергшихся огневому воздействию при пожаре и последующему охлаждению, особенно для сжатых элементов.

Обычно после пожара нет точных данных о температуре нагрева конструкций и продолжительности пожара. Приходится судить об этом по состоянию и цвету поверхности железобетонных конструкций после

огневого воздействия пожара на них. Это снижает точность определения остаточной прочности железобетонных элементов после пожара.

При расчетах остаточной несущей способности железобетонных элементов сечение элемента разделяют на полосы толщиной, в зависимости от размеров сечения элемента, 50…100 мм.

Расчетное сопротивление бетона определяется путем умножения расчетного сопротивления неповрежденного бетона на понижающие коэффициенты, вычисляемые по таблицам и графикам.

При нагреве бетона свыше 500°С его сопротивление сжатию и сопротивление арматуры, расположенной в нем, принимаются равными нулю. Растянутую арматуру класса А-240, А-300, А-400 и А-500, нагретая до температуры выше 600°С, также не учитывают в расчетах.

Расчётное сопротивление сжатию слоёв бетона, повреждённых огнём, после охлаждения можно определить по формуле

$$R_{b1}^{\circ} = \gamma_{b1}^{\circ} \cdot R_b, \quad (1)$$

где γ_{b1}° – коэффициент снижения расчётного сопротивления бетона сжатию после охлаждения в зависимости от температуры нагрева.

Расчётное сопротивление при растяжении слоёв бетона, повреждённых огнём, определяется по формуле:

$$R_{bt.1}^{\circ} = \gamma_{bt.1}^{\circ} \cdot R_{bt}, \quad (2)$$

где $\gamma_{bt.1}^{\circ} = \gamma_{b1}^{\circ} - 0{,}2(1 + 0{,}1t)$;

t – температура нагрева бетона.

Глубину прогрева бетона в зависимости от температуры прогрева поверхности конструкций и длительности воздействия высоких температур можно определить по графику на рис. 1.

Начальный модуль упругости бетона, подвергавшегося нагреву и последующему охлаждению, определяют по формуле:

$$E_{b1}^{\circ} = \beta_b \cdot E_b, \quad (3)$$

где β_b – коэффициент снижения модуля упругости бетона.

$$\beta_b = 1 - kt \quad (4)$$

Значение k для тяжёлого бетона равно 0,17 · 10^{-2}, для керамзитобетона 0,10 · 10^{-2}. Снижение модуля упругости бетона при нагреве необратимо после охлаждения.

При нагреве бетона свыше 500°С модуль упругости не учитывается в расчётах прочности и деформативности конструкции.

Значения расчётного сопротивления арматуры растяжению при нагреве и последующем охлаждении определяются по формуле:

$$R_{s1}^{\circ} = \gamma_{s1}^{\circ} \cdot R_s, \quad (5)$$

где γ_{s1}° – коэффициент снижения расчетного сопротивления арматуры растяжению в зависимости от температуры нагрева.

Для арматурной стали классов А-240, А-300, А-400, расположенной в растянутой зоне, при размере меньшей стороны сечения элемента более 300 мм и температуре нагрева арматуры до 500°С, и размере меньшей стороны сечения элемента менее 300 мм, и температуре нагрева до 600°С $\gamma_{s1}^{\circ} = 1$.

При меньшем размере стороны сечения элемента более 300 мм и температуре нагрева арматуры более 500°С, и меньшем размере стороны сечения элемента менее 300 мм, и температуре нагрева арматуры более 600°С $\gamma_{s1}^{\circ} = 0$.

Для арматурной стали класса А-500, А-600 при температуре нагреве арматуры до 400°С $\gamma_{s1}^{\circ} = 1$, а при температуре нагрева арматуры более 400°С $\gamma_{s1}^{\circ} = 0$.

Значение расчётного сопротивления арматуры сжатию можно определить по формуле

$$R_{sc}^{\circ} = \gamma_{s1}^{\circ} \cdot \gamma_{s2}^{\circ} \cdot R_s \quad (6)$$

где γ°_{s2} – коэффициент, учитывающий снижение сцепления арматуры с бетоном после нагрева и охлаждения.

Для стержневой гладкой горячекатаной арматуры

$$\gamma^{\circ}_{s2} = 1 - 0{,}001\,t \quad (7)$$

Для стержневой горячекатаной арматуры периодического профиля

$$\gamma^{\circ}_{s2} = 1 - 0{,}001 \cdot (0{,}1 + 0{,}001t) \cdot \quad (8)$$

Модуль деформации арматурной стали после нагрева и последующего охлаждения принимается при $\gamma^{\circ}_{s1} = 1{,}0$ как для арматуры, не подвергшейся нагреву.

При учёте неравномерности распределения прочности бетона по толщине элемента, подвергшегося огневому воздействию пожара, производится приведение неравномерно прогретых слоёв бетона к однородному материалу.

Коэффициент приведения частей (бетонных слоёв) сечения элемента, повреждённого огнём $\alpha_{b1.i}$, следует принимать пропорциональным отношению прочности бетона рассматриваемого слоя R°_{bt1} к прочности основного слоя R°_{b1oc}

$$\alpha_{bti} = \frac{R^{\circ}_{bt.1}}{R^{\circ}_{b1oc}} \quad (9)$$

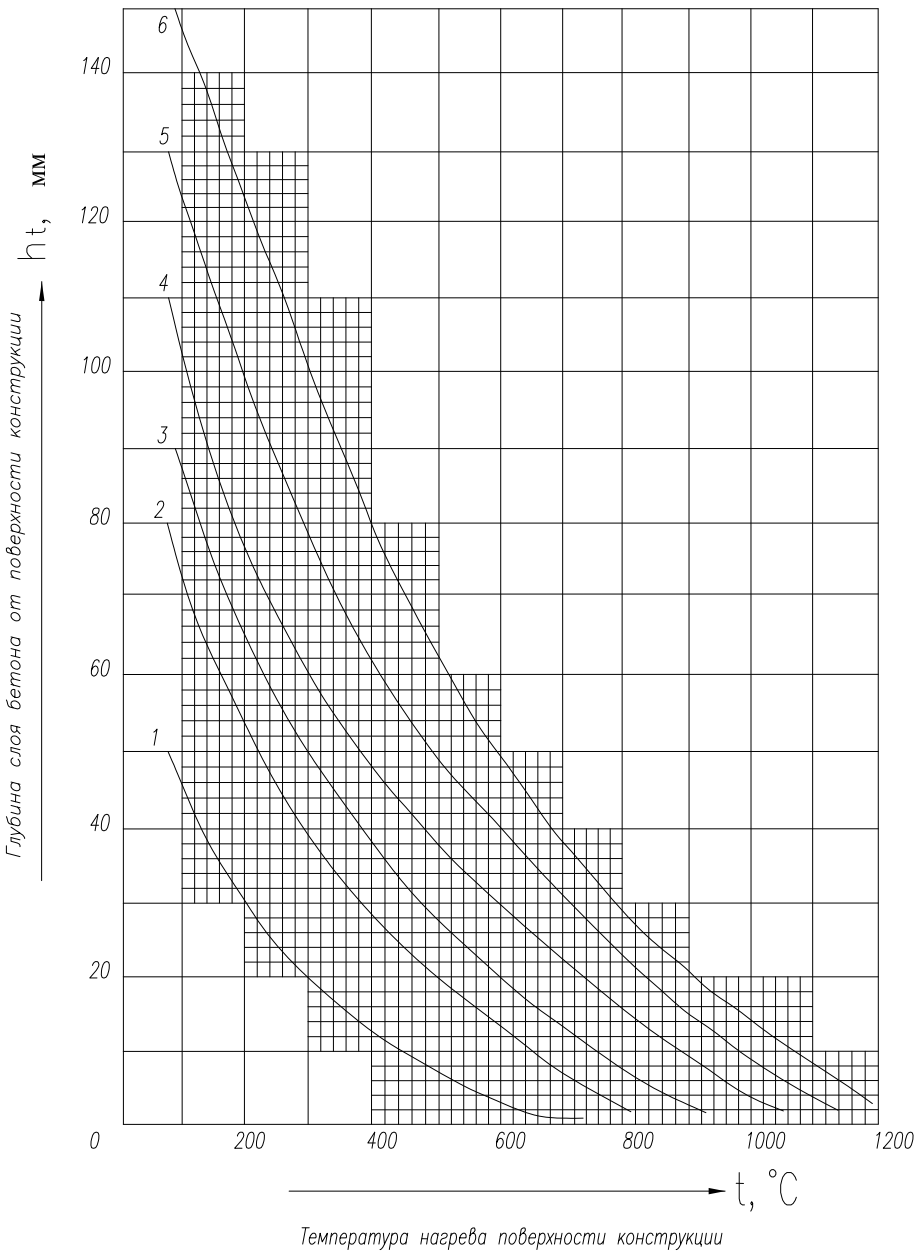


Рисунок 1. Зависимость температуры в слоях бетона от нагрева поверхности, продолжительности огневого воздействия и расстояния от поверхности:
***1* – 0,5 ч; *2* – 1,0 ч; *3* – 1,5 ч; *4* – 2,0 ч; *5* – 3,0 ч; *6* – 4,0 ч. График составлен для условия нагрева конструкции с одной стороны**

Для принятия решения по использованию конструкций, подвергшихся огневому воздействию при пожаре производят техническое обследование пострадавшего здания. Целью технического обследования является определение остаточной несущей способности поврежденных пожаром конструкций.

Литература

1. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб., 2004.
2. Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара / НИИЖБ. М., 1985.
3. СП13-102-203. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М., 2003.

**Дмитрий Валерьевич Курлапов, Военно-инженерный технический университет*

Тел. моб. +7(921)746-96-34

Математическое моделирование и экспериментальные данные по росту кристаллов в двухфазной системе

Коммерческий директор ООО “Кола” Л.Л. Гошка

Одна из методик [1] для определения минимально необходимого воздухообмена, которого было бы достаточно для обеспечения в помещении допустимого качества воздуха основана на оценке пороговых значений для запахов или возникновения эффекта раздражения химическими веществами реакцией органов чувств человека (сенсорная реакция). Под внутренним воздухом высокого качества понимается воздух, воспринимаемый как приемлемый большей частью находящихся в помещении людей (количество удовлетворенных – 80%). Для оценки качества воздуха используются сенсорные единицы: ощущаемое качество внутреннего воздуха выражается в количестве людей (в процентах), не удовлетворенных его качеством, а сенсорная нагрузка загрязнения выражается в ольфах (единицах обоняния). На основании этих сенсорных единиц выполняется расчет нагрузок системы вентиляции, необходимых для получения приемлемого качества воздуха.

Но организм человека достаточно сложная система, и сенсорная реакция человека необязательно должна быть отражением биохимических процессов, происходящих в этом организме под воздействием окружающей среды. Таким образом, данная методика не связана с физиологией человека. Такая методика была бы интересной как дополнение к научно обоснованным физиологическим нормам при создании комфортных условий заказчику. Она позволяет учитывать индивидуальные особенности того или иного человека.

Определенный интерес представляет методика [2] определения минимально необходимого воздухообмена, достаточного для обеспечения в помещении допустимого качества воздуха, по концентрации CO_2 в помещении. Считается, что если мы выполним нормы по поддержанию CO_2 в помещении на определенном уровне, тогда все другие загрязнители будут меньше или на уровне ПДК. Эта методика имела бы исключительно важное значение, если бы мы знали научно обоснованную физиологическую норму по CO_2. А второе утверждение можно было бы считать верным при условии, что атмосферный воздух не загрязнен.

Рассмотрим пример. Предположим, что нам известна физиологическая норма по CO_2. За счет воздухообмена мы поддерживаем концентрацию углекислого газа в помещении на этом уровне. Мы уверены, что в этом случае организм конечного пользователя наших климатических систем функционирует в зоне оптимума. Углекислый газ входит в основную буферную систему организма человека «CO_2 — бикарбонат». Между тем буферная система «CO_2 — бикарбонат» будет реагировать на другие химические соединения, которые могут содержаться в воздухе помещения. И эта реакция будет происходить через изменения кислотности крови. Например, табличное значение произведения растворимости [3] гидроксида плутония ($Pu(OH)_4$) составляет ПР=$1\cdot10^{-52}$ и если усреднить кислотность крови до pH=7, тогда концентрация ионов плутония в крови не должна превышать $[Pu^{4+}] \leq 10^{-24}$ моль·л$^{-1}$. Такое значение концентрации ионов плутония является по своей сути бесконечно малой величиной, и зафиксировать ее достаточно сложно. При концентрации $[Pu^{4+}] > 10^{-24}$ моль·л$^{-1}$ в осадок может выпадать $Pu(OH)_4\downarrow$ или плутоний может быть примесью любого другого патогенного биоминерала (легирование кристаллов). Процесс образования этого химического соединения будет сопровождаться изменением кислотности крови, т.е. организм человека может функционировать уже не в зоне оптимума. Следовательно, по мере дальнейшего загрязнения атмосферного воздуха в помещении необходимо будет отслеживать как химический состав воздуха, так и концентрации отдельных компонентов, и поддерживать их на определенном уровне.

Для того чтобы оценить значение физиологической нормы исходных реагентов в воздухе помещения для организма человека, попытаемся выявить общие закономерности, которые характерны для двухфазных систем, состоящих из двух или более компонентов.

К таким системам относятся гели, бетон и организм человека. На примере образования карбоната кальция (кальцита) мы показали [4, 5], что ряд процессов в этих системах подчиняются одним и тем же законам природы. Но если гель рассматривать как некую физическую систему, а раствор (газ) над гелем, как окружающую его среду, тогда образование кристаллов в гелях - это след реакции этой физической системы на факторы окружающей среды.

Гель является прекрасной средой для моделирования различных процессов, происходящих в двухфазной системе, состоящей из двух или более компонентов, поскольку в геле можно получать практически любые кристаллы, он оптически прозрачен, в системе «гель-раствор» мы можем менять те или иные параметры.

В простейшем случае математическую модель процессов [6], протекающих при росте кристаллов в гелях, можно рассмотреть следующим образом:

1. Под «ростом кристалла» будем понимать простое выпадение осадка в некотором слое геля, т.е. в предлагаемой модели будем рассматривать не процесс формирования кристалла, а скорее условия, благоприятные для его зарождения и развития
$[Me^+] + [A^-] \leftrightarrow [MeA]\downarrow$.
Предполагается, что осадок не участвует в диффузии.
2. Будем считать, что процесс образования полостей в геле (эффект Ребиндера) проходит раньше, чем выпадение осадка, т.е. при условии $[Me^+]\cdot[A^-]<$ПР, т.е. в предлагаемой модели процессы будем рассматривать после процесса образования полостей. Собственно сведем роль геля к пространственному разделению кристаллообразующих растворов, допускающему лишь один способ транспортировки ионов – диффузию.
3. Кристалл не испытывает в процессе роста влияние со стороны геля и он растет «в гелевой ячейке», заполненной раствором кристаллообразующих ионов, т.е. будем считать, что кристалл растет в растворе, в котором возможна только диффузия.
4. Константы скорости химических реакций столь велики, что изменение концентраций раствора в гелевой ячейке контролируется самым медленным процессом – диффузией, т.е. после того, как в ячейку в результате диффузии проникли ионы кристаллообразующего вещества, концентрации тут же достигают равновесных значений.
5. По мере диффузии ионов через границу раздела «гель – раствор» в растворе над гелем устанавливается однородная концентрация ионов, т.е. градиенты концентраций существуют лишь в гелевой среде.

Рассматривать будем образование кристаллов тартрата кальция. Процесс образования тартрата кальция можно описать следующей химической реакцией:

$$CaCl_2 + H_2C_4H_4O_6 = CaC_4H_4O_6\downarrow + 2HCl$$

Для простоты обозначим концентрацию ионов как:

$[Me^{2+}]=[Ca^{2+}]$, $[H_2A] = [H_2C_4H_4O_6]$, $[HA^-] = [HC_4H_4O_6^-]$, $[A^{2-}] = [C_4H_4O_6^{2-}]$, а осадок $MeA = CaC_4H_4O_6$.

Геометрия решаемой задачи будет соответствовать I-образной пробирке (рис. 1), часть которой заполнена гелем, другая часть – раствором, т.е. в момент времени t=0 исходные реагенты разнесены в пространстве. Винную кислоту введем в раствор геля до полимеризации. После застывания геля на него сверху заливается раствор хлористого кальция.

Пусть граница раздела «гель — раствор» имеет координату ноль, а дно пробирки с гелем – H, тогда верхняя точка раствора над гелем будет иметь координату W.

Формулировка предложенной модели в математическом виде содержит систему из шести уравнений диффузии для всех компонентов раствора:

$$\partial C_i/\partial t = D_i\cdot(\partial^2 C_i/\partial x^2);\ i=1\ldots6$$

где C_i и D_i – концентрации и коэффициенты диффузии $[Me^{2+}]$, $[H_2A]$, $[HA^-]$, $[A^{2-}]$, $[H^+]$, $[OH^-]$ соответственно;

$C_1=[Me^{2+}]$, $C_2=[H_2A]$, $C_3=[HA^-]$, $C_4=[A^{2-}]$, $C_5=[H^+]$, $C_6=[OH^-]$.

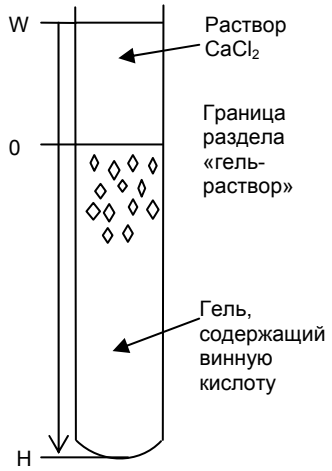


Рисунок 1. Пробирка I-образной формы с гелем, содержащим винную кислоту, и раствором $CaCl_2$ над ним

Уравнения, описывающие начальные и граничные условия, имеют следующий вид.

1. Начальные условия (t=0):

$$C_1=C_{10} \text{ при } x=0;\ C_1=0 \text{ при } 0<x\le H,$$
$$C_i=0 \text{ при } x=0;\ C_i=C_{i1} \text{ при } 0<x\le H,$$

где i=2…4.

$$C_к=C_{к0} \text{ при } x=0;\ C_к=C_{к1} \text{ при } 0<x\le H,$$

где к=5,6.

Будем считать, что граница раздела «гель — раствор» принадлежит раствору.

2. Граничные условия:

$$\partial C_i/\partial t=(D_i/W)\cdot(\partial C_i/\partial x) \text{ при } x=0,\ i=1\ldots6$$
$$D_i\cdot(\partial C_i/\partial x)=0 \text{ при } x=H,\ i=1,2\ldots6$$

3. Константы:

$$D_1=0{,}9\cdot10^{-6}\ см^2/с,\ D_2=D_3=D_4=0{,}66\cdot10^{-6}\ см^2/с,\ D_5=D_6=3\cdot10^{-5}\ см^2/с.$$

$$K_{H2O}=[H^+] \cdot [OH^-]=1\cdot 10^{-14}$$
$$K_1=[H^+] \cdot [HA^-]/[H_2A]=1\cdot 10^{-3}$$
$$K_2=[H^+] \cdot [A^{2-}]/[HA^-]=5 \cdot 10^{-5}$$
$$ПР=[Me^{2+}] \cdot [A^{2-}]=7{,}7\cdot 10^{-7}$$

4. Значения параметров среды, использовавшиеся в расчетах:
   - кислотность геля pH=3,4;
   - высота столба геля H=16 см;
   - высота раствора над гелем W=10 см;
   - кислотность раствора $CaCl_2$ концентрацией 1 моль·л$^{-1}$, pH=9.

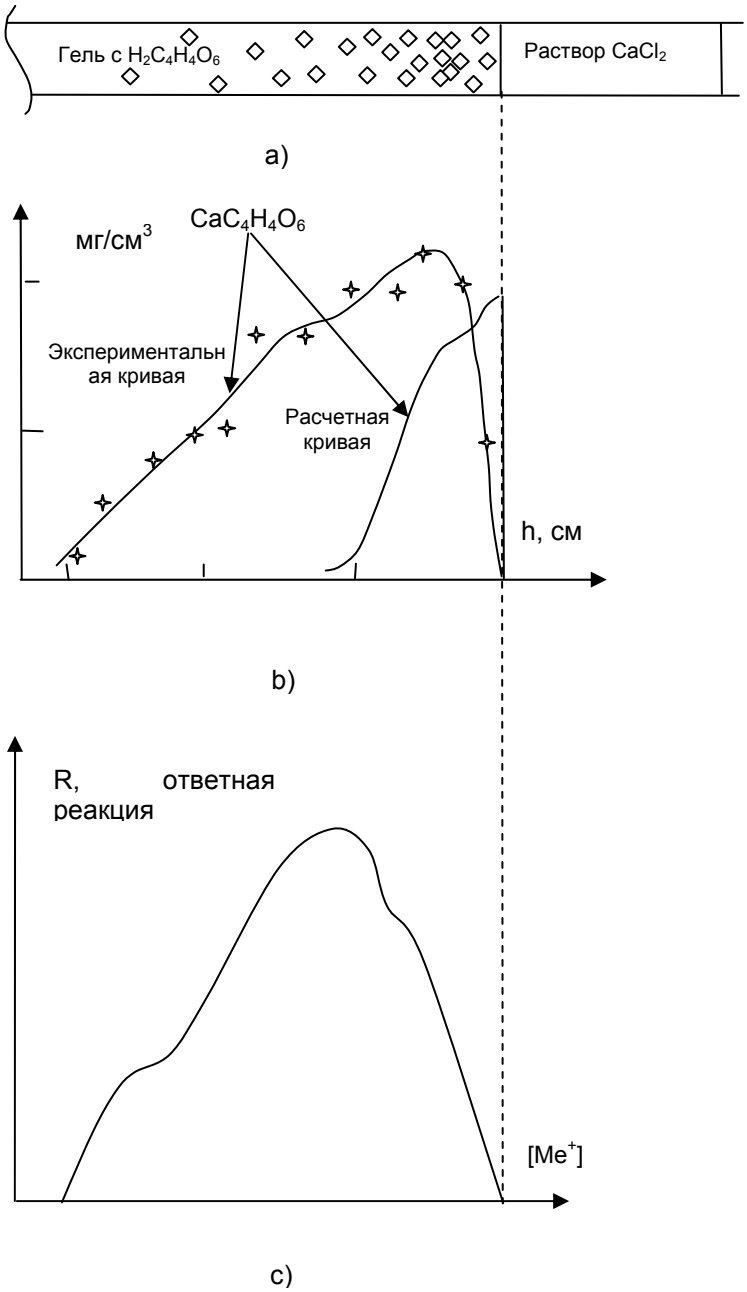


Рисунок 2. a) I-образная пробирка с гелем и раствором хлористого кальция над ним;
b) распределение массы выпавшего осадка отнесенного к единице объема по высоте столба геля;
c) зависимость реакции организма от дозы биогенного элемента поступившего в организм.
Длительность эксперимента 14 суток

Эти параметры соответствуют реальному эксперименту. В эксперименте использовалась пробирка диаметром 25 мм. По окончанию эксперимента гель выдавливался из пробирки и разрезался на слои толщиной Δh=4мм, что соответствует объему V= 2 см^3. В каждом слое подсчитывалось общее количество кристаллов и определялся их вес.

В данной постановке задача решалась численными методами на ЭВМ. Алгоритм решения можно представить в виде следующей последовательности шагов: весь столб геля был разбит на маленькие слои Δh. Диффузия поставляет в некоторый слой гелевого раствора ионы из соседних слоев, тем самым выводя раствор из состояния химического равновесия. В результате химической реакции в растворе вновь устанавливается состояние равновесия, т.е. получаются новые концентрации компонентов с выпадением или растворением осадка. После применения данной процедуры ко всем слоям по всему столбу геля процесс повторяется. Полученные расчетные значения сравнивались с экспериментальными данными.

Для того чтобы упростить сравнение и рассмотрение различных графиков, возьмем нулевую точку отсчета не от границы раздела «гель-раствор», а от дна пробирки, т.к. зависимость реакции организма от дозы биогенного элемента, поступившего в организм, рассматривается именно в этой системе координат. Из данных, приведенных на рисунке 2b, видно, что, несмотря на количественные различия, временные зависимости подобны, т.е. приведенная математическая модель качественно отражает ход процессов роста кристаллов в геле. Различие обусловлено скорее скоростью протекания процессов, чем характером самих процессов. В первую очередь, следует отметить, что зависимость распределения осадка $CaC_4H_4O_6$ (след реакции физической системы) по высоте геля (физическая система) от концентрации раствор $CaCl_2$ (фактор среды окружающий физическую систему) качественно совпала с зависимостью реакции организма от дозы биогенного элемента [7], поступившего в организм.

На рис. 2c качественно изображена такая зависимость. Она показывает общность развития процессов в организме человека под влиянием биогенных элементов. При недостаточном поступлении какого-либо элемента в организм человека наносится существенный ущерб его росту и развитию. Это объясняется снижением активности ферментов, в состав которых входит данный элемент. При повышении дозы поступления этого элемента ответная реакция организма возрастает, достигает нормы. Дальнейшее увеличение дозы приводит к ухудшению функционирования организма вследствие токсического действия избытка этого элемента вплоть до летального исхода.

На графике расчетных значений и экспериментальных данных (рис. 2b) проявляется характерное плато, как на графике зависимости реакции организма от дозы биогенного элемента, поступившего в организм (рис 2c), но при моделировании процессов зарождения и роста кристаллов в гелях биологические процессы не рассматриваются. Поэтому, по всей видимости, в организме человека химические реакции имеют определяющее значение для биологических процессов, что и отражено на рис 2c. Следовательно, мы вправе ожидать, что моделирование процессов зарождения и роста кристаллов в гелях позволит выявить такие закономерности, которые по разным причинам нельзя установить, исследуя организм человека.

Очевидно, что общая масса выпавшего в геле осадка (рис. 3) зависит от концентрации хлористого кальция в растворе над гелем, т.е. от концентрации исходного реагента. А распределение концентрации ионов [Me^{2+}] по высоте столба геля будет влиять на распределение осадка MeA в этом же геле. Обращает на себя внимание низкая концентрация ионов [HA^-] и [A^{2-}] винной кислоты на высоте геля от 14,5 до 16 см, что, очевидно, обусловлено обеднением гелевого раствора за счет химической реакции выпадения осадка. Поскольку в результате химической реакции появляется избыток протонов H^+, кислотность среды увеличивается (рис. 5a). Ионы водорода, подвижность которых высока, диффундируют как в раствор над гелем, так и ко дну пробирки, вызывая рекомбинацию ионов кислотного остатка в молекулярную форму. Обращает на себя внимание, что кислотность в растворе над гелем и в слоях геля, где идет образование осадка, практически одинаковая. Кислотность геля увеличивается с начального значения pH=3,4 до pH=1,62, т.е. концентрация ионов водорода увеличивается на два порядка.

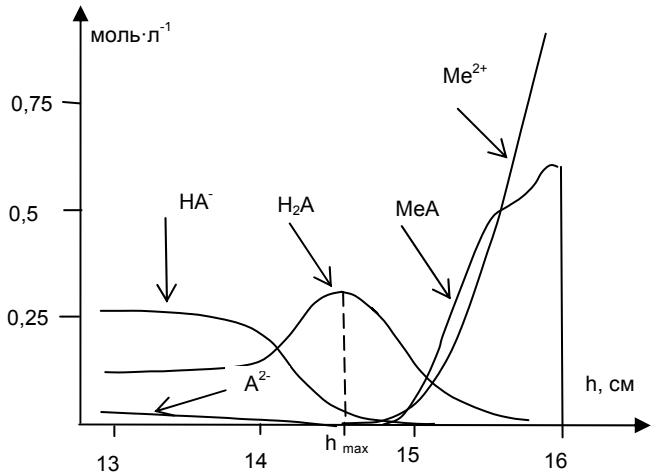


Рисунок 3. График распределения концентрации кристаллообразующих компонентов по высоте столба геля на четвертые сутки после начала диффузии

Но на фронте кристаллизации концентрация реагентов существенно отличается от более глубоких слоев в геле: концентрация молекул [H_2A] винной кислоты существенно превышает ионную [HA^-] и [A^{2-}], достигая максимума на высоте столба геля порядка 14,5 см.

Далее попытаемся проанализировать условия выпадения осадка в геле на фиксированной высоте столба геля в зависимости от времени. На рис. 4 показана временная расчетная зависимость количества осадка, выпавшего в слое геля на глубине h=15,22 см. Из графика видно, что активное выпадение осадка началось на вторые сутки и практически прекратилось на 12-е сутки после начала диффузии. Максимум скорости осаждения наблюдался в районе четвертых суток. Отсюда можно предположить, что через каждый слой Δh в геле за определенное время проходит зона, благодаря которой происходит активное выпадение осадка. В дальнейшем будем называть эту область в геле зоной активного роста (ЗАР).

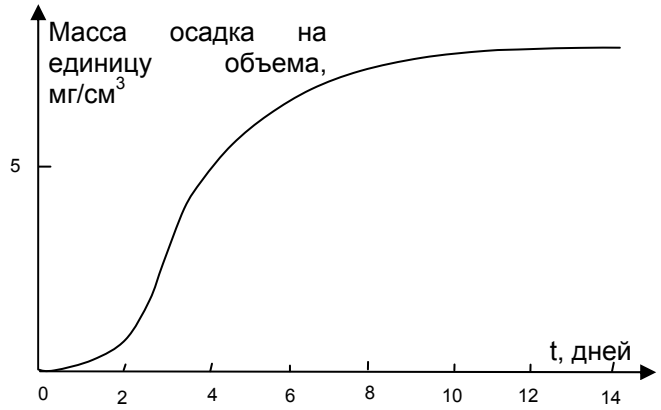


Рисунок 4. Расчетная зависимость массы выпавшего осадка MeA отнесенного к единице объема от времени. Объем слоя V = 2 см^3. Глубина залегания слоя в геле h = 15,22 см

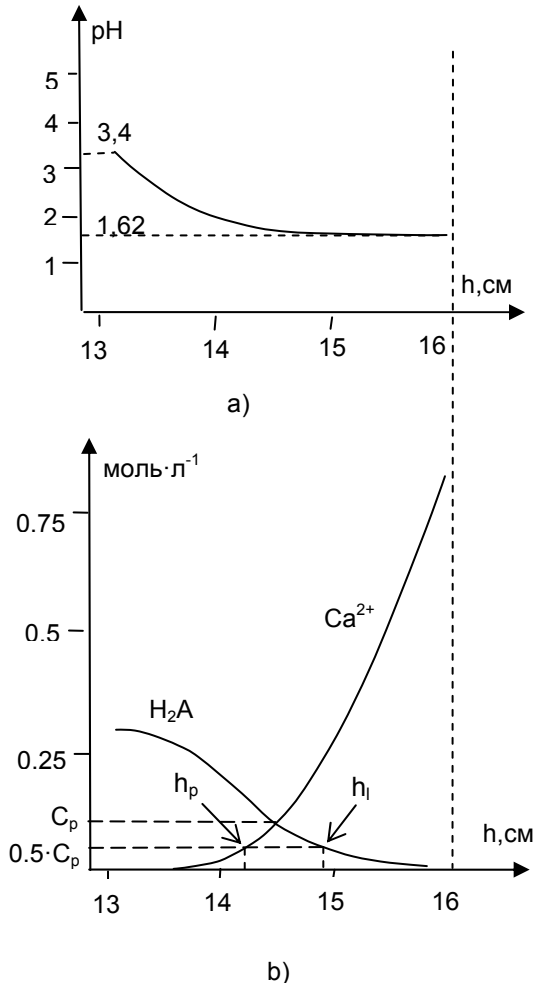


Рисунок 5. a) График распределения кислотности по высоте столба геля; b) График распределения концентрации кристаллообразующих компонентов по высоте столба геля на двенадцатые сутки после начала диффузии

Учитывая, что кислотность в ЗАР практически не отличается от кислотности раствора над гелем, а на фронте кристаллизации концентрация $[H_2A]$ существенно превышает концентрации $[HA^-]$ и $[A^{2-}]$, для дальнейшего анализа процессов, происходящих в геле, мы можем ограничиться рассмотрением лишь концентрационных распределений основных реагентов $[Me^{2+}]$ и $[H_2A]$, т.е.

$$[H_2A] = [H^+] \cdot [HA^-]/ K_1 \quad (1)$$

$$[HA^-] = [H^+] \cdot [A^{2-}]/ K_2 \quad (2)$$

$$ПР = [Me^{2+}] \cdot [A^{2-}] = 7{,}7 \cdot 10^{-7} \quad (3)$$

Если (2) подставим в (1), получим:

$$[H_2A] = [H^+]^2 \cdot [A^{2-}]/ K_1 \cdot K_2 \quad (4)$$

Определим $[A^{2-}]$ из (3) и, подставляя в (4), получаем

$$[H_2A] \cdot [Me^{2+}] = [H^+]^2 \cdot ПР/ K_1 \cdot K_2 \quad (5)$$

Поскольку pH=1,62, т.е. концентрация ионов водорода практически постоянная, обозначим ее как константу $[H^+]=K_3$. Тогда получаем

$$[H_2A] \cdot [Me^{2+}] = K^2_3 \cdot ПР/ K_1 \cdot K_2 \quad (6)$$

Выделим ту область в геле, где концентрации обоих компонентов велики. Очевидно, что эта область находится в окрестностях точки равенства концентраций C_p (Рис №5 b), т.е.

$$[H_2A] = [Me^{2+}] = (K^2_3 \cdot ПР/ K_1 \cdot K_2)^{1/2} \quad (7)$$

Размер ЗАР оценим по спаду концентраций соответствующих компонентов до значения $0{,}5 \cdot C_p$, т.е. положение левой границы ЗАР h_l определим как $[H_2A] = 0{,}5 \cdot (K^2_3 \cdot ПР/ K_1 \cdot K_2)^{1/2}$, положение правой h_p как $[Me^{2+}] = 0{,}5 \cdot (K^2_3 \cdot ПР/ K_1 \cdot K_2)^{1/2}$ (Рис №5b).

Таким образом, мы получили определенные ограничения на концентрации кристаллообразующего вещества, которые формируют зону активного роста.

Тогда процесс зарождения и роста кристаллов в гелях можно объяснить следующим образом.

Все слои геля, расположенные правее зоны активного роста $h>h_1$, не получают подпитки, т.к. весь избыток винной кислоты уходит на осадок в ЗАР. Подпитка растущих в зоне активного роста «кристаллов» (при математическом моделировании это выпадения осадка) может происходить только за счет тех слоев в геле, которые расположены на глубине $h>h_{max}$ (рис. 3), т.к. отрицательный градиент концентрации молекул винной кислоты при $h<h_{max}$ препятствует диффузии H_2A в зону активного роста. Таким образом, можно предположить, что наиболее благоприятные условия для зарождения и роста кристаллов в геле образуются в ЗАР. Очевидно, что одним из главных факторов, определяющих появление и размер ЗАР в геле, является концентрация хлористого кальция в растворе над гелем. Это та единственная среда, параметры которой мы можем менять в ходе эксперимента. Например, мы можем заменить раствор над гелем на газовую среду, содержащую кальций, и получим тот же качественный результат. Различие может быть только количественное.

Далее представляет интерес рассмотреть продвижение границ ЗАР во времени и изменение размеров ЗАР по мере продвижения ее вглубь геля. Для удобства дальнейшего рассмотрения графиков нулевую точку отсчета возьмем от границы раздела «гель-раствор» (рис. 1). На рис. 6 показаны зависимости положения точек h_l и h_p, характеризующих диффузию ионов Ca^{2+} и молекул винной кислоты H_2A, от времени. Как видно из приведенного графика, все зависимости хорошо описываются уравнениями вида:

$$(h_i)^2=2d_it \quad (8)$$

где t - время, h_i- координаты точки в геле, $2d_i$ – коэффициент пропорциональности.

Тогда d_i для левой и правой границ ЗАР можно определить как эффективный коэффициент диффузии левой и правой границ ЗАР в геле, а за положение самой зоны активного роста примем координату ее середины $h_з$.

$$h_з^2 = (h_p^2 — h_l^2)/2 = (d_p – d_l) \cdot t \quad (9)$$

где $h_з$ - координата зоны активного роста в геле.

Значения эффективных коэффициентов диффузии левой и правой границ и самой ЗАР в геле, полученные из графика на рис. 6, следующие:

$$d_p= 1{,}4\cdot10^{-6}см^2/с;\ d_l= 0.49\cdot10^{-6}см^2/с;\ d_з= 0.95\cdot10^{-6}см^2/с.$$

Полученные соотношения позволяют найти зависимость ширины зоны ℓ от времени:

$$\ell = h_p — h_l = \sqrt{2}\cdot (d_p^{1/2} – d_l^{1/2}) \cdot t^{1/2} \quad (10)$$

где ℓ - ширина зоны активного роста.

А выразив время из уравнений (9) для $h_з$, получим зависимость от глубины положения в геле:

$$\ell = \sqrt{2}\cdot h_з\cdot(d_p^{1/2} – d_l^{1/2})/(d_p – d_l)^{1/2} = r\cdot h_з \quad (11)$$

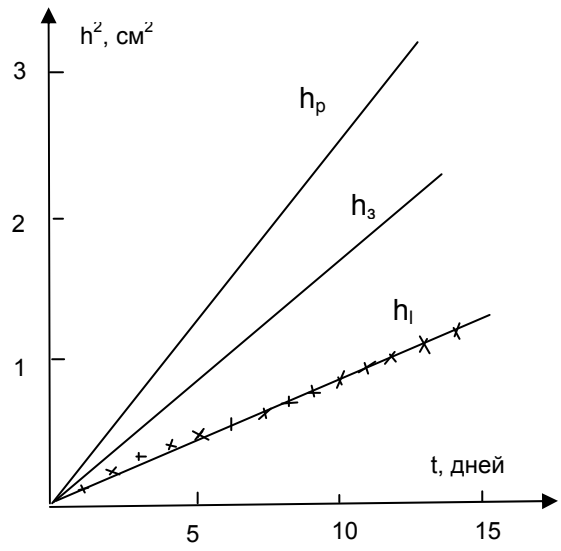


Рисунок 6. Зависимость положения левой и правой границ зоны активного роста и координаты середины зоны от времени.
правая граница — h_p
левая граница – h_l
положение зоны — $h_з$

где r - отношение ширины зоны активного роста к глубине ее залегания.

Таким образом, ширина зоны линейно увеличивается по мере продвижения зоны вглубь геля. Причем отношение ширины зоны к глубине ее залегания – постоянная величина, значение которой r=0,5.

Если за время роста кристалла принять промежуток времени, в течение которого кристалл находился в ЗАР, и считать, что кристалл находится на глубине h, тогда легко получить время, за которое левая и правая границы ЗАР проникнут на эту глубину (8). Разность полученных значений и даст время роста кристалла τ :

$$\tau = t_2 – t_1 =0.5\cdot(1/ d_l – 1/d_p)\cdot h^2 \quad (12)$$

где t_1, t_2 – время прохождения левой и правой границ ЗАР координату на глубине h;

τ - время роста кристалла.

Уравнение (12) справедливо лишь при условии, что продолжительность процесса диффузии бесконечна. Если длительность эксперимента ограничить временем t, тогда всегда найдутся такие точки в геле, в которых кристаллы только начали зарождаться, либо росли в течение времени меньше τ и не успели достичь максимально возможного размера. Из уравнения (12) видно, что время роста таких кристаллов будет зависеть от их положения в ЗАР:

$$\tau = t - h^2/(2\cdot d_p) \quad (13)$$

Если учесть, что концентрация, координата и время связаны уравнением диффузии, тогда выражения (12) и (13) позволяют распределить выпадение осадка в координатах время роста кристалла от квадрата глубины, на котором расположен интересующий нас слой геля. На рис. 7 представлен график, учитывающий связь между расчетным временем прохождения зоны активного роста и эффектом выпадения осадка в различных слоях геля. Данные графика позволяют определить положение ЗАР в геле, ее ширину и отношение ширины зоны активного роста к глубине ее залегания r.

Если предположить, что в условиях реального эксперимента кристаллы, растущие в геле, не конкурируют между собой за кристаллообразующее вещество, тогда можно считать, что основным фактором, ограничивающим размер кристалла в геле, является время роста, т.е. время нахождения кристалла в ЗАР. В таком случае зависимость среднего веса одного кристалла от глубины в геле должна быть подобной зависимости τ от h^2, т.е. быть прямо пропорциональной:

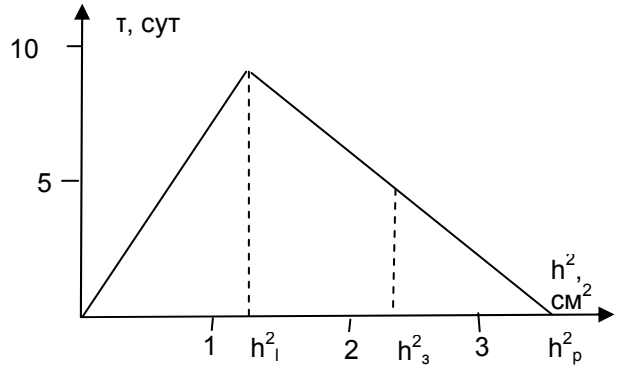


Рисунок 7. Выпадение осадка в различных слоях геля. Время диффузии T = 14 суток. правая граница — h_p левая граница – h_l положение зоны — $h_з$

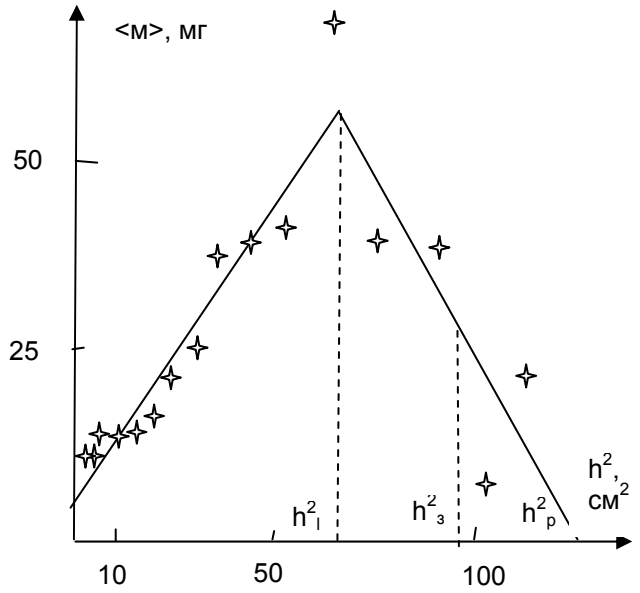


Рисунок 8. График зависимости средней массы одного кристалла от глубины зарождения в геле. Экспериментальные данные. Продолжительность эксперимента T=61 сутки. правая граница — h_p левая граница – h_l положение зоны — $h_з$

$$\langle m\rangle = v\cdot \tau = 0.5\cdot v\cdot(1/d_l - 1/d_p)\cdot h^2 \quad (14)$$

$$\langle m\rangle = v\cdot [t - h^2/(2\cdot d_p)] \quad (15)$$

где <m> - средний вес одного кристалла;

v – коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость роста кристалла.

Экспериментальные данные приведены на рис. 8. Продолжительность эксперимента – 61 сутки. Видно, что графики на рис. 7 и рис. 8 подобны. Экспериментальные точки, обработанные методом наименьших квадратов, позволяют определить значения глубины проникновения левой и правой границ ЗАР в гель, h_p=(11±3) см, h_l=(8,2±0,5) см, ширину зоны ℓ=(3±3) см и отношение r=(0,3±0,3). Значение r согласуется в пределах погрешностей с результатами вычислений.

Кроме того, интерпретация экспериментальных данных с позиций приведенной модели позволяет получить значения для таких параметров, как эффективные коэффициенты диффузии и скорость роста кристаллов. Поскольку глубины проникновения границ ЗАР в гель h_p и h_l известны, то из уравнения (8) находим значения:

$$d_p=(1{,}2\pm0{,}7)\cdot10^{-5}\ см^2/сек;$$
$$d_l=(0{,}64\pm0{,}04)\cdot10^{-5}\ см^2/сек.$$

Из уравнений (14) или (15) находим скорость роста кристаллов v=(2±1) мг/сут. Коэффициенты d_p и d_l характеризуют, по всей видимости, диффузию ионов кальция и молекул винной кислоты. Интересно отметить, что полученные нами значения хорошо согласуются с данными из других источников [8].

Таким образом, мы получили, что при определенной концентрации одного из исходных реагентов, который находится в самом геле, мы, меняя исходную концентрацию второго реагента в растворе над гелем, задаем:

1) зону активного роста;
2) размеры ЗАР;
3) местоположение ЗАР в геле;
4) время образования осадка;
5) количество выпавшего осадка.

Данная математическая модель не учитывает эффект Ребиндера, но качественно достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными. Отсюда можно предположить, что поры начинают образовывать полости уже на глубинах $h\le h_p$, т.е. при концентрации ионов кальция в геле $[Me^{2+}] \le 0{,}5\cdot (K^2_3 \cdot ПР/ K_1\cdot K_2)^{1/2}$ (рис. 5b).

Можно предположить, что химическая коррозия бетона происходит в такой же последовательности, как в гелях, и распределение концентраций исходных реагентов в бетоне примерно такая же, т.е. вначале идет образование полостей (частичное разрушение), а затем образование химических соединений с изменением кислотности среды, где они образуются.

Аналогичным образом проектировщик, через климатические системы, влияя на химический состав и концентрации химических соединений в воздухе помещений, может влиять на образование патогенных биоминералов в организме человека.

Рассмотрим процесс образования карбоната кальция (кальцита) в организме человека.

$$К_{раств.}Pco_2 = [CO_2]_{раств.} \quad (16)$$
$$К_{a1}[CO_2]_{раств.} = [H^+][HCO_3^-] \quad (17)$$
$$К_{a2}[HCO_3^-] = [H^+][CO_3^{2-}] \quad (18)$$
$$ПР = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] \quad (19)$$

В отличие от процессов, происходящих в геле, в организме функционируют буферные системы, которые поддерживают кислотность на определенном уровне. Следовательно, там h_{max} не будет, как и отрицательного градиента. Поэтому осадка будет выпадать существенно больше, чем в тех случаях, когда отсутствуют буферные системы.

$$К_{a1}\cdot К_{раств.}Pco_{2.} = [H^+][HCO_3^-] \quad (20)$$
$$[H^+]\cdot ПР = К_{a2}[Ca^{2+}]\cdot[HCO_3^-] \quad (21)$$

или

$$[Ca^{2+}]\cdot Pco_2 = [H^+]^2\cdot ПР / К_{a1}\cdot К_{раств}\cdot К_{a2} \quad (22)$$

В режиме нормы организм функционирует при постоянной кислотности крови pH=7,4.

Обозначим это условие как $[H^+] = К_{a3}$.

Обозначим все постоянные величины как

$$К_{общ} = (К_{a3})^2\cdot ПР / К_{a1}\cdot К_{раств}\cdot К_{a2}, \quad (23)$$

а растворимость кальция как $[Ca^{2+}] = [Ca^{2+}]_{пред}$. Тогда получаем, что растворимость кальция в крови падает при повышении парциального давления.

$$[Ca^{2+}]_{пред.} = К_{общ} / Pco_2 \quad (24)$$

Для поддержания на постоянном уровне кислотности крови в данном случае включаются некарбонатные буферные системы. Этот процесс приводит к тому, что концентрация ионизированного кальция в крови начинает возрастать

$$[Ca^{2+}]_{крови} = [Ca^{2+}]_{норма} + \Delta[Ca^{2+}]_{крови}.$$

Например, поддержание климатическими системами CO_2 в помещении на уровне выше физиологической нормы будет приводить к повышению парциального давления альвеолярного воздуха, тем самым, с одной стороны, с течением времени будет понижаться растворимость кальция $[Ca^{2+}]_{пред}$ в крови, а с другой, повышаться концентрация ионизированного кальция $[Ca^{2+}]_{крови} = [Ca^{2+}]_{норма} + \Delta[Ca^{2+}]_{крови}$. Тогда при условии, что концентрация ионизированного кальция в крови превысит растворимость кальция $[Ca^{2+}]_{крови} > [Ca^{2+}]_{пред.}$, в легких или в организме резко возрастет риск образования кристаллов карбоната кальция. Весь избыток кальция пойдет на образование карбоната кальция. $[Ca^{2+}]_{крови} — [Ca^{2+}]_{пред} = \Delta[Ca^{2+}]_{избыт}$, т.е.

$$\Delta[Ca^{2+}]_{избыт} + [CO_3^{2-}] \leftrightarrow CaCO_3\downarrow$$

Образование карбоната кальция вызовет дополнительную диссоциацию угольной кислоты с высвобождением ионов водорода. Изменение кислотности крови будет зависеть от количества образовавшегося карбоната кальция и емкости буферных систем. Если масса выпавшего осадка будет настолько большой, что емкости буферных систем не хватит для компенсации ионов водорода, высвобождающихся при выпадении осадка, тогда кислотность крови может не только достичь предельного уровня, но и превысить его. Тогда повышается риск летального исхода.

Поскольку механизмы компенсации организма нацелены на поддержание постоянства pH, а не нормальных концентраций HCO_3^- и CO_2, окончательная нормализация происходит только тогда, когда Pco_2 и HCO_3^- достигают своих нормальных значений. Но при выпадении осадка должна уменьшиться общая концентрация кальция в крови C_0, т.к. часть его ушла на образование карбоната кальция. Следовательно, компенсация недостатка кальция в крови может произойти или за счет растворения образовавшегося карбоната кальция при условии $[Ca^{2+}]_{крови} < [Ca^{2+}]_{пред}$, или за счет других источников (например, за счет костей человека). В данном случае определяющую роль будет играть фактор времени.

Введем значение критического времени $\Delta t_{крит} = (t_1 - t_2)$. Это интервал времени с момента времени t_1, когда повышение парциального давления приводит к условию $[Ca^{2+}]_{крови} > [Ca^{2+}]_{пред}$ и образованию карбоната кальция и до времени t_2, когда включатся основные механизмы компенсации недостатка кальция в объеме $\Delta[Ca^{2+}]_{недост} = \Delta[Ca^{2+}]_{избыт}$ в крови (например, за счет костей человека).

Тогда в промежуток времени $t_{допуст} < \Delta t_{крит}$ процесс образования кристаллов будет носить обратимый характер, т.к. за это время компенсация недостатка кальция в крови, который ушел на образование карбоната кальция, не успеет произойти из других источников, и компенсация кальция возможна за счет растворения образовавшегося карбоната кальция. Другими словами, если парциальное давление нормализуется за время

меньше критического, тогда высока вероятность, что карбонат кальция успеет раствориться. Все будет зависеть от массы выпавшего осадка. При $t>\Delta t_{крит}$ этот процесс будет носить уже необратимый характер, т.к. кальций, который ушел на образование карбоната кальция, организм будет компенсировать из других источников. При этом высока вероятность, что в организме останется образовавшийся патогенный биоминерал - карбонат кальция.

Следовательно, недооценка влияния воздуха на организм человека может приводить не только к нарушению его функционирования в режиме нормы, но и приводить к изменениям на генном уровне, вплоть до его самопроизвольного разрушения (например, разрушение суставов при нарушении обмена веществ).

Все химические соединения, которые может содержать воздух помещения, можно разделить по принципу воздействия на организм человека на загрязнители первого порядка (прямое воздействие) и второго порядка (косвенное воздействия). К первому виду отнесем обычные химические соединения, концентрация которых регламентируется ПДК, и которые не диссоциируют в воде (молекулярный уровень). А химические соединения, которые поступают в организм человека экзогенно (извне) и при диссоциации (ионный уровень) могут образовывать другие химические соединения, благодаря которым и происходит воздействие на организм человека, отнесем к загрязнителям второго порядка. Тогда в соответствии с выбранной нами классификацией лет 30-40 назад, когда атмосферный воздух был чистым, химическими соединениями второго порядка можно было пренебречь, т.к. их влияние на организм человека было минимальным. Следовательно, поддержание концентрации химических соединений в помещении на уровне ПДК было достаточным условием, чтобы организм человека функционировал в зоне оптимума. Поэтому такое необходимое условие, как нормативный воздухообмен можно было зафиксировать на определенном значении. Прогрессирующее загрязнение окружающей среды привело к тому, что практически во всех органах человека были обнаружены патогенные биоминералы [9]. Кроме этого установлено, что частота встречаемости патогенных биоминералов и распространенность их по составу распределены неравномерно по разным территориям планеты. Здесь играют роль и специфика местных условий (жесткость воды, климат и пр.) и род занятий человека, тип питания, наконец, экологическая обстановка в данном регионе.

Отсюда можно сделать вывод, что на сегодняшний день влиянием химических соединений второго порядка на организм человека пренебрегать недопустимо, и одним из немногих способов обеспечить качество воздуха в помещении является внедрение эффективных систем климатизации здания. Но для этого необходимо привести существующую нормативную базу в соответствие с изменившимися условиями.

Литература

1. Оле Фангер П. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате // АВОК, №2/2006.
2. Шилькрот Е.О., Губернский Ю.Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта?// АВОК, №4/2008.
3. Ефимов А.И. и др. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л., 1983.
4. Гошка Л.Л. Разрушение строительных материалов с точки зрения метода кристаллизации в гелях // Инженерно-строительный журнал, №3/2009.
5. Гошка Л.Л. Климатические системы и образование патогенных биоминералов в организме человека // Инженерно-строительный журнал, №2/2009.
6. Cipanov A.V., Goshka L.L., Kolosov S.I., Rusov V.P.: Crist. Res. Technol. 2. (1990) 119 (b).
7. Гошка Л.Л. Климатические системы: влияние воздуха на организм человека // Инженерно-строительный журнал, №1/2009.
8. Таблицы физических величин. М., 1976.
9. Пальчик Н.А., Столповская В.Н. Минералы внутри нас // Вестник РФФИ, №4/1998. М., 1998.
10. Салтыков А.В. Биоэкология: Учебное пособие. Ульяновск, 2000.
11. Жолнин А.В. Химия биогенных элементов. Конспект лекций по общей химии. Челябинск, 2001.

**Леонид Леонидович Гошка, ООО «Кола», г. Сыктывкар*

Тел. раб.: (8212) 29-10-24, факс: (8212) 24-44-10

Эл. почта: tookola@mail.ru

Особенности оценки надежности строительных потоков

Докторант ГОУ СПбГПУ, к.т.н. Г.И. Абдулаев; д.т.н., профессор В.З. Величкин*

Поточная организация работ является наиболее совершенной формой производства работ. При большом многообразии отраслей строительного производства строительство линейно-протяженных сооружений, таких как линии метрополитена, более других приспособлено к организации потоков. Комплексный поток, состоящий из ряда простых однородных потоков, позволяет осуществлять выпуск готовой строительной продукции с установленным ритмом.

Однако любой строительный поток функционирует под воздействием большого числа дестабилизирующих факторов. Происходят сбои в поставках материалов и конструкций, задерживаются поступления финансовых средств, возникают поломки и остановки машин и механизмов, оперативно меняются параметры и показатели реализуемых планов и многое другое. Поэтому управление строительным потоком целесообразно рассматривать в условиях функционирования вероятностной системы.

При строительстве линейно-протяженных сооружений (ЛПС) в реальных условиях ритмичность работы потока и равномерность выпуска строительной продукции претерпевают значительные колебания. Проводимые административные и управленческие мероприятия позволяют улучшить степень выполнения плановых показателей, но из-за стохастичности производства достаточно часто выполнить все установки плана не удается. Для повышения надежности выполнения плановых показателей и обеспечения ритмичности функционирования потока необходимо применение специальных методов.

Как известно, надежность включает в себя четыре составляющих: безотказность, ремонтопригодность, долговечность и сохраняемость [1]. Для строительного потока в общем случае можно понимать свойство потока сохранять свои параметры в заданных пределах. Основным параметром потока является ритмичность и равномерность выпуска продукции. Тогда безотказность строительного потока есть его ритмичность в заданных пределах, а под отказом понимается резкое отклонение интенсивности выпуска строительной продукции.

Рассматривая появление отказов как поток требований на их устранение, можно описать процесс с помощью функций Пуассона:

$$Pk(t) = (\lambda t)^k x e^{-\lambda t} / k!,$$

где λ – математическое ожидание числа отказов (требований на их устранение);

$Pk(t)$ – вероятность поступления k отказов в течение времени t.

К критериям оценки надежности потока можно отнести следующие показатели:

- вероятность функционирования потока с запланированным ритмом и интенсивностью выпуска строительной продукции;
- математическое ожидание и дисперсия объемов выпускаемой строительной продукции в запланированные сроки;
- вероятность выполнения требуемого объема продукции в заданный срок;
- вероятность безотказной работы потока с учетом возникающих срывов и задержек.

Для оценки надежности потока по показателю вероятности функционирования с заданным ритмом и интенсивностью выпуска продукции необходимо принять закон распределения вероятности. Исследованиями [2] показано, что разброс интенсивности выпуска продукции соответствует нормальному распределению. Тогда вероятность интенсивности выпуска готовой строительной продукции (например, в виде длины готовой части тоннеля метрополитена) в установленных пределах в виде нескольких процентов от заданной величины можно определить из выражения

$$P(L1 \le L \le L2) = (1/\sqrt{2\pi})x \int_0^{L2-L^2/2} edx - (1/\sqrt{2\pi})x \int_0^{L1-L^2/2} edx,$$

где $L1 - L2$ — интервал, в пределах которого допустимо колебание интенсивности выпуска строительной продукции;

L^2 — квадратное значение запланированной величины интенсивности выпуска строительной продукции.

При оценке вероятности появления отказов по функции Пуассона устанавливается частота реагирования органа управления для удержания интенсивности выполнения работ в заданном интервале L1-L2.

При обеспечении необходимого уровня надежности возникает задача формирования экономически целесообразных методов стабилизации строительного производства. Выбор экономически эффективных методов необходимо согласовывать с оптимальным уровнем надежности, увязанным с оптимальными сроками строительства ЛПС. Такой подход представляет достаточно сложную организационно-технологическую и математическую задачу, для решения которой необходимо проведение некоторых дополнительных исследований.

В общем случае наиболее эффективным методом повышения надежности равномерного и своевременного выполнения строительно-монтажных работ является резервирование материально-технических ресурсов и резервирование сроков окончания работ. Менее известными и редко применяемыми методами являются резервирование технологии выполнения работ и организации работ. Резервирование технологии можно осуществить через разработку по каждому виду работ возможных вариантов технологии их выполнения и составления альтернативной сети в виде циклограммы или графика. В соответствии с возникающими отказами и задержками на альтернативной сети выбирается технология, обеспечивающая выполнение плановых показателей.

Резервирование организации работ можно осуществить через резервирование фронтов работ, резервирование методов организации работ в альтернативном варианте или объединение или разъединение частных потоков. Изменение числа частных фронтов работ, перевод строительного потока с одного метода организации работ на другой, объединение или разъединение частных потоков хотя и не требуют значительных затрат, но должны осуществляться на фоне экономической оптимизации. Другие методы повышения надежности требуют значительно больших экономических издержек.

Для ведения работ с заданным уровнем надежности в общем виде можно применять следующую математическую модель. В качестве целевой функции принимаем затраты на поддержание требуемого уровня надежности.

$$Знн = \sum_{j=1}^{m} (Зрр_j + Зрср_j + Зтехн_j + Зорг_j) \to min$$

Ограничения:

$P(L1t) \le P(Lt) \le P(L2t)$ при $t = 1...Тдир$;

$P(T1_j^{OK}) \le P(Тпл_j^{OK}) \le P(T2_j^{OK})$ при $j = 1...m$;

$P(T3_i^{OK}) \le P(Тпл_i^{OK}) \le P(T4_i^{OK})$ при $i = 1...n$.

$Зрр_j$, $Зрср_j$, $Зтехн_j$, $Зорг_j$ – затраты на резервирование материально-технических ресурсов, сроков выполнения работ, технологии и организации работ соответственно по j-му частному потоку (виду работ);

$P(Lt)$ – вероятность выполнения объема работ L на временном этапе t в пределах от $L1$ до $L2$;

$Тпл_j^{OK}$ – вероятность завершения работ по j-му частному потоку в плановый срок $Тпл_j$ в пределах $T1_j$ и $T2_j$;

$Тпл_i^{OK}$ – вероятность завершения работ по i-му частному фронту работ в плановый срок $Тпл_i$ в пределах $T3_i$ и $T4_i$;

m — количество частных потоков (видов работ) в общем потоке;

n – количество частных фронтов работ в общем потоке.

Расчет поточной организации работ при строительстве ЛПС с заданным уровнем надежности на основе приведенной экономико-математической модели позволяет добиться ощутимого снижения затрат на реализацию принятого проекта за счет ритмичности и исключения потерь при неожиданных отказах и задержках в выполнении работ.

Литература

1. Заренин Ю.Г., Збырко М.Д и др. Надежность и эффективность АСУ. М., 1975.
2. Хастингс Н., Пикок Д. Справочник по статистическим распределениям. М., 1980.
3. Маилян Л.Р. и др. Справочник современного строителя. Ростов-на Дону, 2006.
4. Гинзбург А.В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности строительства. М., 1999.

*Виктор Захарович Величкин, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Тел. раб. 297-59-49; тел. моб.: +7(921)398-88-86, +7(921)654-54-68

Аннотации магистерских диссертаций, 2009 год, кафедра «Технология, организация и экономика строительства» (полные тексты работ могут быть бесплатно высланы по запросу)*

Совершенствование методов проектирования свайных фундаментов

Автор: А.Г. Белоусова
Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры «Технология, организация и экономика строительства» Г.Я. Булатов

Аннотация

Цель исследования — предложение методики расчета несущей способности свайного фундамента по новой технологии, а также расчет его на нагрузки, передаваемые от сооружения, по существующим методикам. Помимо этого, предложения по устройству конструкции фундамента.

Свайный фундамент состоит из погруженных свай с обеспечением взаимного упора. Упор осуществляется за счет наличия уширений различной конфигурации. Сваи погружаются забивкой, после погружения устраивается железобетонный ростверк.

В работе рассмотрена работа свай в грунте и предложена методика по определению несущей способности наклонно забитых свай. Для предложения методики расчета рассмотрены различные варианты свайных фундаментов и найдены аналогии в их работе. Помимо этого, проведен расчет фундамента на действующие нагрузки по рекомендациям нормативных документов. Также расчет сваи произведен из рассмотрения ее как балки, лежащей на упругом основании, по методикам, предложенным М.И. Горбуновым-Посадовым и И.А. Симвулиди. При расчете свай определены максимальные изгибающие моменты в сечении сваи и произведена проверка сваи по прочности. Предложены основные варианты устройства узлов сопряжения свай, позволяющие произвести их контакт в грунте. Рассмотрены варианты устройства фундамента.

Публикации

1) Белоусова А.Г., Булатов Г.Я. Свайный фундамент и способ его возведения // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
2) Белоусова А.Г., Булатов Г.Я. Способ возведения фундамента, фундамент и свая // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб., 2008.
3) Белоусова А. Г. Свайный фундамент повышенной несущей способности // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2009.
4) Булатов Г. Я., Булатов А. А., Белоусова А. Г., Васильев Г.Р. Способ возведения фундамента, фундамент и свая // Заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение № 2008128811 от 14.07.2008 г.

Апробации

1) Второй всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых; октябрь 2008 г.
2) Всероссийская межвузовская научная конференция студентов и аспирантов XXXVII Неделя науки СПбГПУ; ноябрь 2008 г.
3) Политехнический симпозиум: Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.
4) Семинар ГОУ СПбГПУ «Проектирование свайных фундаментов»; май 2009 г.

Водопоступление в несовершенный котлован с непроницаемым ограждением и грунтовой пробкой

Автор: Н.В. Головкова
Научный руководитель: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительная механика и теория упругости» В.В. Лалин

Аннотация

Магистерская диссертация посвящена решению проблемы возведения котлована в условиях плотной городской застройки. Основной задачей исследования является разработка методики расчета водопоступления в несовершенный котлован с непроницаемым ограждением и грунтовой пробкой в однородном грунте. В результате работы установлены расчетные зависимости от водопоступления в котлован, от фильтрационных характеристик грунта, геометрических форм и

размеров котлована, заглубления водонепроницаемого ограждения и положения водоупора. Разработана методика расчета поступления воды в котлован, которая позволяет принять оптимальное проектное решение и снизить расходы по сооружению котлована. Результаты работы рекомендуется использовать при составлении раздела в составе проекта производства работ при разработке котлованов в условиях Санкт-Петербурга.

Публикации

1) Головкова Н.В., Лапицкая А.С., Ватин Н.И. Фильтрация к колодцу с грунтовой пробкой // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
2) Головкова Н.В., Лапицкая А.С. Влияние откачки воды из котлована на осадку окружающих зданий // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб., 2008.
3) Головкова Н.В. Влияние откачки воды из котлована на осадку окружающих зданий // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. СПб., 2008.
4) Бухарцев В.Н., Петриченко М.Р., Головкова Н.В. Средняя квадратичная аппроксимация кривой депрессии (для случая плоской совершенной траншеи с вертикальными стенками) // Инженерно-строительный журнал, №1(3). СПб, 2009.

Апробации

1) Форум молодых учёных - 2008; октябрь 2008 г.
2) XXXVIII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; декабрь 2008 г.
3) Семинар ГОУ СПбГПУ «Фильтрация и очистка воды»; март 2009 г.

Железобетонная плита перекрытия, усиленная углепластиком

Автор: А.А. Дьячкова

Научный руководитель: профессор кафедры «Технология, организация и экономика строительства», генеральный директор ООО «Коллаж-Студия» В.Д. Кузнецов

Аннотация

При ремонте или реконструкции сооружений часто возникает необходимость в усилении элементов конструкций, несущая способность которых оказывается недостаточной. Традиционные методы, применявшиеся для выполнения ремонтных работ, в большинстве случаев сложны и трудоемки. Между тем, за рубежом, а в последнее время и в России широкое распространение получила система усиления конструкций с помощью внешнего армирования высокопрочными полимерными материалами — углепластиками. Суть новой технологии заключается в том, что недостаток несущей способности конструкций компенсируется приклеиванием к их поверхности специальными модифицированными и эпоксидными смолами тканей из углеродных нитей, либо готовых элементов из них. Усиление полимерными композитными материалами применяется для повышения несущей способности, трещиностойкости, жесткости конструкции, их сейсмостойкости и значительного повышения сопротивления динамическим и ударным нагрузкам.

На сегодняшний день в Российской Федерации отсутствуют официально опубликованные данные по разработанным или разрабатываемым методикам расчета усиления железобетонных конструкций композиционными материалами (в частности углепастиками), реализуемые с помощью автоматизированных систем проектирования, в основе которых лежит метод конечных элементов.

Проведенные исследования показали, что достоверность разработанной методики расчета усиления железобетонных плит углепластиком и результатов расчета по ней подтверждается использованием теоретически обоснованных методов строительной механики и теории упругости, сравнением результатов выполненных по предлагаемой методике расчетов с традиционными методами расчета.

Разработанная модель во время работы над диссертацией позволяет проводить дальнейшие исследования в области расчета усиления железобетонной плиты углепластиком: усиление растянутых опорных зон, исследование эффекта отслоения композитного материала в сжатой зоне, продолжить исследование конструкции в физически-нелинейной постановке.

Публикации

1) Кузнецов В.Д., Дьячкова А.А. Расчет усиления железобетонных плит углеродными композиционными материалами // Инженерно-строительный журнал, №3 (5). – СПб, 2009.
2) Ватин Н.И., Кузнецов В.Д., Дьячкова А.А., Кишиневская Е.В.. Усиление железобетонных конструкций с использованием постнапрягаемых стрендов и композиционных материалов на основе углеродных волокон // СтройПРОФИль, №4(74). –СПб, 2009.

3) Дьячкова А.А.,Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Усиление железобетонных конструкций с использованием постнапряженных стрендов и композиционных материалов // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2009.

Апробации

1) Конференция «Особенности проектирования и строительства промышленных и общественных зданий и сооружений» в ЗАО «Петербургский строительный центр»; март 2009 г.
2) Политехнический симпозиум: Молодые ученые –промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.

Усиление строительных конструкций с использованием постнапряженного железобетона

Автор: Е.В. Кишиневская
Научный руководитель: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» Н.И. Ватин

Аннотация

Цель исследования – разработать метод конечно-элементного моделирования плоского железобетонного перекрытия с внешним армированием постнапрягаемыми стрендами, адекватно описывающую физическую сущность конструкции, а также определение его технических характеристик для последующего внедрения данного метода усиления в проекты реконструкции несущих конструкций зданий.

В ходе работы был проведен комплексный анализ состояния конструкции до и после усиления, определены зависимости изменения прогиба конструкции от изменения силы натяжения стрендов при различной толщине и жесткостных характеристиках бетона усиливаемого перекрытия. На примере монолитного перекрытия показано, что применение метода усиления с использованием постнапрягаемых стрендов позволяет обеспечить допустимые прогибы конструкции и восстановить ее несущую способность. Предложено применение данного метода моделирования и расчета системы усиления проектными и строительными организациями для обоснования надежности и эффективности усиливаемых монолитных конструкций методом постнапряжения.

Публикации

1) Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Исследование узла анкеровки каната для большепролетного перекрытия с постнапряжением // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2008.
2) Кишиневская Е.В., Ватин Н.И. Перспективы применения нанобетона в монолитных большепролетных ребристых перекрытиях с постнапряжением // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
3) Кишиневская Е.В. Возможности использования нанобетона в монолитных большепролетных ребристых перекрытиях с постнапряжением // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. СПб., 2008.
4) Кишиневская Е.В., Ватин Н.И. Перспективы применения нанобетона в монолитных большепролетных ребристых перекрытиях с постнапряжением // Материалы III Международной конференции «Популярное бетоноведение»-2009. Сборник докладов. СПб., 2009.
5) Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Перспективы применения нанобетона в монолитных большепролетных ребристых перекрытиях с постнапряжением. // Инженерно-строительный журнал, №2(4). СПб, 2009.
6) Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Усиление строительных конструкций с использованием постнапряженного железобетона. // Инженерно-строительный журнал, №3(5). СПб, 2009.
7) Дьячкова А.А., Кишиневская Е.В., Ватин Н.И., Кузнецов В.Д. Усиление железобетонных конструкций с использованием постнапряженных стрендов и композиционных материалов // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2009.
8) Ватин Н.И., Дьячкова А.А., Кишиневская Е.В., Кузнецов В.Д. Усиление железобетонных конструкций с использованием композиционных материалов на основе углеродных волокон и постнапрягаемых стрендов // СтройПРОФИль, №4(74). СПб, 2009.

Апробации

1) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; декабрь 2008 г.; май 2009 г.
2) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов; декабрь 2008 г.
3) III Научно-техническая конференция «Популярное бетоноведение»; февраль 2009 г.
4) Конференция «Особенности проектирования и строительства промышленных и общественных зданий и сооружений» в ЗАО «Петербургский строительный центр»; март 2009 г.
5) Семинар ГОУ СПбГПУ «Конструктивные решения многоэтажных зданий»; март 2009 г.

Гидротехническое сооружение для очистки ливневых сточных вод

Автор: А.М. Корчевская
Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры «Технология, организация и экономика строительства» В.Н. Чечевичкин

Аннотация

Магистерская диссертация посвящена решению проблемы очистки ливневых сточных вод на объектах, где очистка использованной воды осложняется отсутствием места для строительства наземных очистных сооружений с принудительной подачей воды на оборудование для очистки, а также заглубленных в грунт локальных самотечных установок кессонно-септиковой конструкции. Рассматривается альтернативный традиционным методам способ очистки ливневых сточных вод путем использования гидротехнического сооружения, состоящего из сорбционных модулей, заполненных цеолитом. Рассматриваемое гидротехническое сооружение использует принцип поглощения различных растворенных веществ из воды сорбционными материалами, что позволяет сэкономить место. В работе производится оценка эффективности использования гидротехнического сооружения, состоящего из сорбционных модулей, путем проведения гидравлических и сорбционных расчетов и предлагается вариант конструкции сорбционного модуля.

Публикации

1) Корчевская А.М. Оптимизация работы сорбционного модуля гидравлического сооружения очистки ливневых сточных вод // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2008.
2) Корчевская А.М. и др. Расчет продольного сечения потока гидротехнического сооружения для очистки ливневых сточных вод кладбищ. // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
3) Корчевская А.М., Чечевичкин В.Н. Характеристики сорбционного модуля гидротехнического сооружения очистки ливневых сточных вод // Инженерно-строительный журнал, №2(4). – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
4) Корчевская А.М., Чечевичкин В.Н. Определение сорбционно-ресурсных характеристик единичного сорбционного модуля // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2009.

Апробации

1) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; декабрь 2008 г.
2) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
3) Семинар ГОУ СПбГПУ «Фильтрация и очистка воды»; март 2009 г.
4) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.

Малозаглубленные фундаменты на пучинистых грунтах с применением экструдированного пенополистирола

Автор: А.А. Мойся
Научный руководитель: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология, организация и экономика строительства» Н.И. Ватин

Аннотация

Цель исследования – рассмотрение возможности применения теплоизоляции из плит экструдированного пенополистирола при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах; обоснование эффективности использования такой конструкции. Для реализации поставленной цели в работе решены следующие задачи: разработка модели фундамента и экструдированного пенополистирола, работающих совместно с пучинистым грунтовым основанием; выявление наиболее рациональной модели; разработка унифицированной методики расчета малозаглубленных фундаментов с применением в них плит экструдированного пенополистирола; выработка рекомендаций на основе предложенной модели.

Проведенный анализ имеющихся статей и публикаций по данной теме показал, что методов решения данной проблемы недостаточно. Результаты исследования свидетельствуют о том, что применение утепленных малозаглубленных фундаментов эффективнее строительства традиционных фундаментов. Также нужно обратить внимание на необходимость тщательного подхода к вопросам выбора модели упругого основания и учитывать его совместную работу с фундаментом. Полученные при данном исследовании выводы содержат практические рекомендации по моделированию и устройству утепленных малозаглубленных фундаментов на упругом грунтовом основании.

Публикации

1) Мойся А.А., Ватин Н.И. Моделирование и анализ плит экструдированного пенополистирола // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2008.
2) Мойся А.А., Кашабин А.В., Ватин Н.И. Методика расчета фундаментов мелкого заложения при применении в них плит экструдированного пенополистирола. // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. — СПб., 2008.
3) Мойся А.А. Применение плит экструдированного пенополистирола при проектировании фундаментов мелкого заложения. // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. — СПб., 2008.
4) Мойся А.А., Ватин Н.И. Малозаглубленные фундаменты с применением в них плит экструдированного пенополистирола // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2009.
5) Мойся А.А., Ватин Н.И. Теплоизолированный малозаглубленный фундамент на пучинистых грунтах // Инженерно-строительный журнал, №3(5), 2009.

Апробации

1) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; декабрь 2008 г.
2) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
3) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.
4) Семинар ГОУ СПбГПУ «Проектирование и устройство фундаментов»; май 2009 г.

Применение наномодифицированного бетона в гражданском строительстве

Автор: Д.В. Орлов

Научный руководитель: д.т.н., профессор кафедры «Технология, организация и экономика строительства» В.А. Боровиков

Аннотация

Магистерская диссертация посвящена исследованию свойств нового строительного материала, нанобетона. В работе рассматриваются существующие на данные момент виды бетонов и их основные показатели качества. Теоретически описаны методы исследования модуля упругости, коэффициента Пуассона, предельного напряжения и работы разрушения бетонных образцов. Определение данных параметров исследования проводились по трем различным методикам: на прессе «Гагарина», на прессе «Инстрон» и на прессе «Контрол». По данным результатам испытания произведен нелинейный расчет плиты перекрытия, для нанобетона определена разница в предельной разрушающей нагрузке по сравнению с обычным бетоном В25.

В работе производится оценка эффективности применения нанобетона в монолитном строительстве на примере строительства здания. В результате расчетов определены наиболее эффективные конструктивные и технологические решения, удовлетворяющие всем нормам и требованиям. Также в работе проведен экономический анализ эффективности применении нанобетона в монолитном строительстве.

Системная оценка проектно-строительных решений жилых монолитных многоэтажных зданий

Автор: О.Е. Пронских

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры «Технология, организация и экономика строительства» И.С. Птухина

Аннотация

В работе предложена методика системной оценки проектно-строительных решений жилых многоэтажных монолитных зданий. Автором проведен многофакторный анализ проектно-строительных решений жилых многоэтажных монолитных зданий по следующим параметрам: архитектурным, конструктивным, организационно-технологическим и экономическим. Автором предложен коэффициент, позволяющий учитывать объемно-планировочные решения. Рассмотрены различные варианты конструктивов здания по неизменным исходным объемно-планировочным решениям; выполнен расчет каждого варианта по I-ой и II-ой группе предельных состояний в соответствии со СНИП 2.01.07-85* с применением программного комплекса SCAD. Предложен интерполяционный полином Лагранжа для армирования в зависимости от этажности и принятого конструктивного решения, который позволяет оценить на стадии Проект

необходимость в ресурсах. Предложена методика по разделу организации строительства (разбивка на захватки, расчеты трудозатрат, потребностей в ресурсах и продолжительности работ с учетом зимних условий), позволяющая определить минимальные сроки строительства – введено понятие единичной нормализованной матрицы. Предложена методика по разделу экономики по оценке эффективности многоэтажного монолитного домостроения. Предложена математическая модель и программа многокритериальной оптимизации рассмотренных параметров проектно-строительных решений.

Публикации

1) Пронских О. Е. Осуществление инвестиционного процесса при предоставлении объектов для проектирования и строительства на инвестиционных условиях в субъекте РФ городе федерального значения Санкт-Петербург. // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. СПб., 2008.
2) Пронских О.Е., Птухина И.С. Экономическая эффективность сокращения сроков строительства // XXXVI Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
3) Пронских О.Е. Эффективность управления строительными проектами при монолитном домостроении // Материалы научно-практической конференции «Управление инвестиционно-строительными проектами». СПб, 2008.
4) Пронских О.Е., Морозова Т.Ф., Птухина И.С. Осуществление инвестиционного процесса при предоставлении объектов для проектирования и строительства на инвестиционных условиях в субъекте РФ городе Санкт-Петербург. Оптимизация управления инвестиционно-строительным проектом. // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. — СПб., 2008.
5) Пронских О.Е. Осуществление инвестиционного процесса при предоставлении объектов для проектирования и строительства на инвестиционных условиях в субъекте РФ городе Санкт-Петербург. Оптимизация управления инвестиционно-строительным проектом. // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2008.
6) Пронских О.Е. Системная оценка архитектурно-конструктивных решений жилых многоэтажных зданий// Материалы II научно-практической конференции Управление инвестиционно-строительными проектами. СПб, 2009.

Апробации

1) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
2) 62 Международная научно-техническая конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы современного строительства», ГОУ СПбГАСУ; апрель 2009 г.
3) Семинар ГОУ СПбГПУ «Организационно-управленческие и экономические решения при реализации инвестиционно-строительных проектов» ; апрель 2009 г.
4) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.
5) 2 научно-практическая конференция «Управление строительно-инвестиционными проектами: теория, практика, инновации - 2009»; май 2009 г.

Прогрессирующее разрушение зданий

Автор: Д.В. Руденко

Научный руководитель: к.т.н., доцент, руководитель ООО «Фордевинд» В.В. Руденко

Аннотация

Рассмотрены существующие в настоящий момент методики расчёта строительных конструкций на статические и динамические воздействия. Сформулирована методика учета последствий разрушения при нормировании предельных состояний железобетонных конструкций. Рассмотрен вопрос нормирования защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения (ПО). Представлен обзор современных САПР для расчёта строительных конструкций. Отмечены программы, реализующие расчёты на ПО, указаны недостатки методик и пути дальнейшего развития программных комплексов.

Разработан алгоритм проектирования конструкций, защищенных от ПО. Рассмотрен метод защиты зданий и сооружений каркасного типа от ПО с помощью применения рациональных конструктивно-планировочных решений. Предложено рассчитывать колонны каркаса не только на внецентренное сжатие при их нормальной работе, но и на растяжение, возникающее во время чрезвычайной ситуации. Представлены результаты статических и динамических расчётов на моделях с учётом физической и геометрической нелинейности работы материала. Представлены результаты расчётов кинематическим методом теории предельного равновесия. Произведено сравнение результатов, полученных в двух программных комплексах и с помощью расчёта кинематическим методом теории предельного равновесия. Представлены примеры конструктивной реализации жёстких блоков.

Публикации

1) Руденко Д.В., Кузнецов В.Д. Защита железобетонных зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
2) Руденко Д.В., Руденко В.В. Защита каркасных зданий от прогрессирующего обрушения // Инженерно-строительный журнал, №3(5), 2009. СПб, 2009.

Апробации

6) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
7) Семинар ГОУ СПбГПУ «Конструктивные решения многоэтажных зданий»; март 2009 г.

Стесненное кручение просечно-перфорированных стальных тонкостенных швеллеровых балок

Автор: В.А. Рыбаков
Научный руководитель: старший преподаватель кафедры «Технология, организация и экономика строительства» О.С. Гамаюнова

Аннотация

Целью работы является рационализация алгоритма расчета легких стальных тонкостенных просечно-перфорированных балок по несущей способности на базе существующих теорий и методик. Произведен комплексный анализ напряженно-деформированного состояния и устойчивости просечно-перфорированных стальных тонкостенных балок, находящихся в условиях стесненного кручения и депланации.

В диссертации описываются известные теории и методики расчета подобных балок, находящихся в тех или иных условиях, исследование влияния просечек на геометрические характеристики швеллеровых профилей с различными диапазонами высот и толщин; составлена «База геометрических характеристик направляющих профилей и профилей, выпускаемых ООО “Балтпрофиль”», исследовано напряженно-деформированное состояние и устойчивость двух свободно опертых тонкостенных балок сечениями 50х150 (мм) и 50х250 (мм) с толщиной профиля 1,5мм в различных вариантах единичных нагрузок. Показано, что в зависимости от граничных условий и степени конструктивной защиты от потери местной устойчивости могут применяться различные теории расчета. Выявлено, что при расчете однопролетных стальных просечно-перфорированных балок открытого тонкостенного профиля, загруженных поперечной нагрузкой и находящихся в условиях стесненного кручения, допускается не учитывать касательные напряжения; при расчете балок более сложной конструкции касательные напряжения значительно влияют на их общее напряженно-деформированное состояние (в пределах 40-50%).

Исследовано напряженно-деформированное состояние и устойчивость тех же балок и при тех же граничных условиях и условиях загружения, что и в третьей главе, но уже имеющих перфорацию в середине стенок. Теоретически показано и экспериментально подтверждено, что стальные тонкостенные балки швеллерового профиля в общем случае загружения теряют несущую способность в результате потери местной устойчивости, не достигнув и 1/3 предела прочности; предложено в связи с этим принимать конструктивные меры по обеспечению местной устойчивости. Сформулированы основные положения алгоритма расчета стальных тонкостенных швеллеровых балок и результаты его внедрения.

Публикации

1) Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Расчет металлоконструкций: седьмая степень свободы. // СтройПРОФИль, 3(57). СПб, 2007.
2) Жмарин Е.Н., Рыбаков В.А. ЛСТК — инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» Часть 1. // СтройПРОФИль, 6(60) . СПб, 2007.
3) Жмарин Е.Н., Рыбаков В.А. ЛСТК — инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» Часть 2. // СтройПРОФИль, 6(60) . СПб, 2007.
4) Рыбаков В.А. Современные методы расчета металлоконструкций из открытых тонкостенных профилей // Материалы Всероссийского Форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах». СПб , 2007.
5) Рыбаков В.А. Современные методы расчета металлоконструкций из открытых тонкостенных профилей // Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб, 2007.
6) Рыбаков В.А. Современные методы расчета металлоконструкций из тонкостенных профилей // Журнал «Стройметалл», 2(2)2007. СПб, 2007.
7) Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Влияние перфорации стенки на несущую способность термопрофилей // СтройПРОФИль, 1(63)2008. СПб, 2008.

8) Рыбаков В.А., Ватин Н.И. Современные методы автоматизированного расчета легких стальных тонкостенных конструкций // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: Материалы межвузовского конкурса-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Северо-Запада. СПб, 2008.
9) Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Новые технические решения для легких металлических конструкций. // СтройПРОФИль, 4(66)СПб, 2008.
10) Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Современные методы расчета легких стальных тонкостенных конструкций // XXXVI Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
11) Рыбаков В.А. Надежность металлоконструкций из тонкостенных профилей // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения: Труды Междунар. Конф. СПб., 2008.
12) Альхименко А.И., Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Технология легких стальных тонкостенных конструкций: СПб, 2008.
13) Рыбаков В.А. Оценка влияния перфорации холодногнутого металлического профиля на его несущую способность // Материалы Всероссийского Форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах». СПб., 2008.
14) Рыбаков В.А., Гамаюнова О.С. Реализация методики определения геометрических характеристик поперечного сечения термопрофиля // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
15) Рыбаков В.А. Алгоритмизация расчета геометрических характеристик поперечного сечения термопрофиля в легких стальных тонкостенных конструкциях // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2008.
16) Бадьин Г.М., Войлоков И.А., Рыбаков В.А., Гоменюк В.А., Дымовских С.В., Ермошкин В.В., Новокрещенов А.А., Сайфутдинов Р.М. Быстровозводимые здания: Заочный круглый стол. Часть 1 // СтройПРОФИль, 2(72). СПб., 2009.
17) Войлоков И.А., Рыбаков В.А., Арменский М.Ю., Рубинов М.М., Салманов И.Н. Быстровозводимые здания: Заочный круглый стол. Часть 2 // СтройПРОФИль, 3(73). СПб., 2009.
18) Рыбаков В.А., Ватин Н.И. Аналитические и численные методы расчета поперечноизгибаемых стальных тонкостенных профилей // Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. — СПб., 2009.

Апробации

1) Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах»; октябрь 2007 г.
2) XXXVI неделя науки СПбГПУ (Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов); ноябрь 2007 г.
3) Межвузовский конкурс-конференция студентов, аспирантов и молодых ученых Северо-запада «Технологии Microsoft в теории и практике программирования»; март 2008 г.
4) Международная конференция «Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения» (RELMAS 2008); июнь 2008 г.
5) Всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах»; октябрь 2008 г.
6) XXXVII неделя науки СПбГПУ (Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов); ноябрь 2008 г.
7) Политехнический симпозиум «Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона»; декабрь 2008 г.
8) Семинар «Методика расчёта тонкостенных прогонов кровли. Рекомендации применения»; декабрь 2008 г.
9) Международная научно-практическая конференция «Применение стальных конструкций в уникальных сооружениях и массовом строительстве»; март 2009 г.
10) Конференция «Современные программные средства и методики расчета»; март 2009 г.
11) Семинар ГОУ СПбГПУ «Легкие стальные тонкостенные конструкции»; апрель 2009 г.
12) Политехнический симпозиум «Молодые ученые-промышленности Северо-Западного региона»; май 2009 г.

Стык колонны с плоской плитой в монолитном железобетонном здании

Автор: Е.О. Самохвалова
Научный руководитель: к.т.н., доцент, руководитель ООО «Фордевинд» В.В. Руденко

Аннотация

В диссертационной работе рассмотрены варианты конструктивных решений узла стыка колонны и плоского монолитного железобетонного перекрытия. Предложена последовательность действий при расчёте узла с жёсткой арматурой при помощи современных инженерных инструментов. Установлена зависимость между геометрическими параметрами жёсткой арматуры и расчетными значениями поперечной силы.

Публикации

1) Самохвалова М.О., Самохвалова Е.О., Кузнецов В.Д. Сопряжение колонны и безбалочной бескапительной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.

2) Самохвалова М.О., Самохвалова Е.О. Сопряжение колонны и безбалочной бескапительной плиты перекрытия монолитного железобетонного каркасного здания // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2008.
3) Самохвалова Е.О., Иванов А.Д. Стык колонны с безбалочным бескапительным перекрытием в монолитном здании // Инженерно-строительный журнал, №3(5). СПб., 2009.

Апробации

1) XXXVII неделя науки СПбГПУ (Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов); ноябрь 2008 г.
2) Семинар ГОУ СПбГПУ «Конструктивные решения многоэтажных зданий»; март 2009 г.

Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором

Автор: Е.А. Сапегина (Власова)
Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы» А.С. Горшков

Аннотация

Магистерская диссертация посвящена решению проблемы энергоэффективности навесных фасадных систем с воздушным вентилируемым зазором. Рассматривается модель, описывающая наружную стену жилого здания в климатическом районе Санкт-Петербурга и протекающие в ней процессы, связанные с изменением свойств составляющих материалов на всем периоде службы системы. В работе определяются изменения теплопотерь через ограждающую конструкцию вследствие деградации свойств системы со временем и производится оценка стоимостных показателей, характеризующих затраты на строительство системы, эксплуатацию и капитальный ремонт.

Публикации

1) Власова Е.А. Рациональные и эффективные ремонтные схемы навесных фасадов с воздушным зазором // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2008.
2) Власова Е.А., Ватин Н.И. Выявление экономической эффективности: увеличение квадратных метров жилой площади за счет уменьшения толщины ограждающей стены // Материалы конференции-выставки «Инновационные разработки молодых ученых». 28 июня 2008 г.
3) Власова Е.А., Ватин Н.И. Выявление экономической эффективности: увеличение квадратных метров жилой площади за счет уменьшения толщины ограждающей стены // XXXVI Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
4) Власова Е. А., Ватин Н.И. Выявление рациональных и эффективных ремонтных схем навесных фасадов с воздушным зазором // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. СПб., 2008.
5) Сапегина Е.А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2009.

Апробации

1) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; декабрь 2008 г.
2) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
3) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.
4) Семинар ГОУ СПбГПУ «Проектирование, эксплуатация и долговечность ограждающих конструкций»; май 2009 г.

Методика оценки эффективности проекта на этапе инициации

Автор: О.В. Чулгаева
Научный руководитель: директор по экономике холдинга «ЛенСпецСМУ» В.С. Чулгаева

Аннотация

Цель исследования — разработка методики оценки эффективности проекта на начальном этапе реализации проекта. Рассматриваемая в работе методика позволяет планировать продолжительность строительства отличной от

нормативной, используя методы математической статистики. Методика подсчетов объемов и стоимости строительно-монтажных работ для графика финансирования инвестиционно-строительного проекта нашла широкое применение при расчете продолжительности строительства на основе имитационной модели.

Применение данной базы позволяет оптимально использовать различные теории и прогнозы при расчете оценки рентабельности инвестиционно-строительного проекта. Исследованные в диссертации методы получения и анализа основных показателей эффективности (NVP, IRR), используемых в разработанной модели оценки рентабельности инвестиционно-строительного проекта, предоставляют инвестору необходимые сведения для принятия решения относительно целесообразности реализации рассматриваемого проекта с точки зрения ожидаемого эффекта. Модель позволяет осуществлять анализ полученной информации о проектах, оценку и прогнозирование затрат при реализации инвестиционных проектов; оценку эффективности инвестиционных проектов.

Публикации

1) Чулгаева О.В. Алгоритм расчета объемов работ по монолитному каркасу и кирпичной кладке // Сборник тезисов научно-исследовательских работ студентов и аспирантов СПбГПУ. СПб., 2008.
2) Чулгаева О.В. Модель расчета объемов и себестоимости по монолитному каркасу // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2008.
3) Кныш М.В., Чулгаева О.В., Птухина И.С. Оценка рентабельности вложенных инвестиций // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
4) Гордеева А.О., Чулгаева О.В., Птухина И.С. Алгоритм расчета объемов работ по каркасу здания. // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
5) Юрченко М.В., Чулгаева О.В., Птухина И.С. Управление рисками в проекте // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научной конференции студентов и аспирантов. Ч.1. СПб., 2008.
6) Чулгаева О.В. Алгоритм расчета объемов работ по монолитному каркасу и кирпичной кладке // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб., 2008.
7) Чулгаева О.В. Информационные технологии в управлении проектами // Материалы научно-практической конференции «Управление инвестиционно-строительными проектами». СПб., 2009.
8) Чулгаева О.В., Чулгаева В.С. Подготовка бизнес-плана инвестиционно-строительного проекта на основе экономико-математических моделей // Инженерно-строительный журнал, №3(5). СПб, 2009.
9) Чулгаева О.В. Экономический анализ инвестиционно-строительного проекта // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб., 2009.

Апробации

1) Научно-практическая конференция «Управление инвестиционно-строительными проектами»; май 2008 г.
2) Второй всероссийский форум студентов, аспирантов и молодых ученых; октябрь 2008 г.
3) XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов; ноябрь 2008 г.
4) 62 Международная научно-техническая конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы современного строительства», ГОУ СПбГАСУ; апрель 2009 г.
5) Семинар ГОУ СПбГПУ «Организационно-управленческие и экономические решения при реализации инвестиционно-строительных проектов» ; апрель 2009 г.
6) Политехнический симпозиум: Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона; май 2009 г.
7) 2 научно-практическая конференция «Управление строительно-инвестиционными проектами: теория, практика, инновации - 2009»; май 2009 г.

**Николай Иванович Ватин, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб.: 535-79-92; тел. моб.: +7(921)964-37-62

Эл. почта: vatin@mail.ru

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
Инженерно-строительный факультет

Отделение повышения квалификации и профессиональной переподготовки

Профессиональная переподготовка специалистов

Программа предназначена для специалистов строительных и проектных организаций, не имеющих базового строительного образования, а также для лиц, желающих получить дополнительное образование по направлению «Строительство».
Форма обучения вечерняя. По окончании обучения выдается диплом о переподготовке государственного образца с правом на ведение нового вида профессиональной деятельности. Программа рассчитана на 500 ак. часов, обучение проводится в течение одного учебного семестра.
Стоимость обучения 46000 рублей.
Переподготовка ведется по четырем направлениям:

Строительство зданий и сооружений	Экономика и управление в строительстве
▪ *Строительные конструкции и материалы* ▪ *Выполнение строительно-монтажных работ* ▪ *Контроль качества строительно-монтажных работ* ▪ *Управление строительной организацией* ▪ *Функции участников инвестиционно-строительного проекта* ▪ *Основы расчета строительных конструкций* ▪ *Проектирование зданий и сооружений с использованием современных программных продуктов*	▪ *Основы строительного дела* ▪ *Технология строительного производства и системы управления качеством в строительстве* ▪ *Основные функции участников инвестиционно-строительного проекта* ▪ *Функции заказчика-застройщика* ▪ *Управление строительной организацией* ▪ *Сметное дело в строительстве* ▪ *Календарное и сетевое планирование в строительстве с использованием MS Project*
Проектирование и конструирование зданий и сооружений	**Инженерные системы зданий и сооружений**
▪ *Основы сопротивления материалов и механики стержневых систем* ▪ *Проектирование и расчет оснований и фундаментов зданий и сооружений* ▪ *Проектирование и расчет железобетонных конструкций* ▪ *Проектирование и расчет металлических конструкций* ▪ *Проектирование зданий и сооружений с использованием AutoCAD* ▪ *Расчет строительных конструкций с использованием SCAD Office*	▪ *Основные понятия механики жидкости и газа* ▪ *Системы вентиляции и кондиционирования. Проектирование, монтаж и эксплуатация* ▪ *Системы отопления. Проектирование, монтаж и эксплуатация* ▪ *Системы водоснабжения и водоотведения. Проектирование, монтаж и эксплуатация* ▪ *Проектирование и монтаж систем электроснабжения* ▪ *Проектирование инженерных сетей и систем с использованием современных программных продуктов*