www.engstroy.spb.ru

Инженерно-строительный журнал

научно-прикладное издание

ISSN 2071-4726

№1(3) декабрь 2008 - январь 2009

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*	▪ *Основы строительного дела* ▪ *Технология и контроль качества строительно-монтажных работ* ▪ *Основные функции участников инвестиционно-строительного проекта* ▪ *Функции заказчика-застройщика* ▪ *Управление строительной организацией* ▪ *Сметное дело в строительстве* ▪ *Календарное и сетевое планирование в строительстве*
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 инженерных сетей и систем с использованием современных программных продуктов*

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:

В.М. Якубсон

Редакционная коллегия:

Н.И. Ватин, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой "Технология, организация и экономика строительства" ГОУ СПбГПУ
В.А. Боровиков, д.т.н., профессор, ГОУ СПбГПУ
Г.Я. Булатов, к.т.н., доцент, ГОУ СПбГПУ
В.Д. Кузнецов, профессор ГОУ СПбГПУ

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

СОБЫТИЯ

Развитие подземного строительства в Санкт-Петербурге 2
Неделя науки в ГОУ СПбГПУ 5

КОНСТРУКЦИИ

Д.Н. Смазнов. Использование САПР для решения исследовательских задач при проектировании опор воздушных линий электропередачи 6
И.А. Лундышев. Каркасные системы, применяемые в ограждающих конструкциях при строительстве из монолитного пенобетона 13

РАСЧЕТЫ

И.И. Боголепов. Влияние акустических отверстий на звукоизоляцию строительных конструкций 17
В.Н. Бухарцев, М.Р. Петриченко, Н.В. Головкова. Средняя квадратичная аппроксимация кривой депрессии (для случая плоской совершенной траншеи с вертикальными стенками) 21
Д.В. Руденко, Е.О. Самохвалова. Автоматизация формирования сводной ведомости материалов при проектировании железобетонных конструкций 25

ТЕХНОЛОГИИ

И.А. Войлоков. Применение дисперсного армирования при строительстве гидротехнических сооружений 27
Г.Я. Булатов. Обобщенные критерии оптимального выбора технологий и машин 32
Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.Д. Староверов. Эффективность активации воды затворения углеродными наночастицами 39

АНАЛИЗ

Л.Л. Гошка. Климатические системы: влияние воздуха на организм человека 45

ОРГАНИЗАЦИЯ

Л.В. Малиновская Об основных принципах обеспечения качества строительства. Международный опыт 54

Развитие подземного строительства в Санкт-Петербурге

А.Г. Протосеня, К.П. Безродный, А.И. Осокин

С 26 по 28 ноября 2008 г. в ОАО «ЛенНИИПроект» проходила межрегиональная научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности при использовании современных технологий строительства подземных сооружений в сложных условиях городской застройки». Это уже вторая конференция по освоению подземного пространства – первая проходила здесь же год назад. Тогда эта тема была еще очень экзотична для Санкт-Петербурга, сегодня у городских проектных и строительных организаций уже есть определенный опыт, поскольку подземное строительство, очевидно, набирает обороты. Высотные здания, которые неизбежно начнут возводиться в Санкт-Петербурге, не могут обходиться без подземных этажей. Кроме того, активное расширение метрополитена также ставит определенные вопросы перед проектировщиками и руководством города.

В связи с этим на конференции обсуждалось несколько основных моментов. Одной из центральных проблем, по мнению большинства участников конференции, является неразработанность нормативно-правовой и законодательной базы для подземного строительства. Причем, как отметил Николай Иванович Кулагин, председатель Санкт-Петербургского отделения Тоннельной ассоциации России, генеральный директор ОАО «Ленметрогипротранс», ситуация в этой области практически не изменилась за прошедший год. По результатам предыдущей конференции было собрано совещание, на котором разрабатывалась концепция подземного строительства в городе. Необходимость создания такой концепции была согласована с вице-губернатором А.И. Вахмистровым. Тем не менее, совместная работа с государственными органами так и не была проведена. А именно она необходима для создания согласованной нормативной базы по подземному строительству.

На данный момент основными документами, которыми должны руководствоваться строители при освоении подземного пространства, это Закон о недрах, Земельный кодекс и Градостроительный кодекс. В первую очередь, это весьма осложняет процесс согласования проектов подземного строительства. Но, кроме того, де-факто эти документы во многом противоречат друг другу.

Необходима разработка специального закона о подземном строительстве. Например, в Москве принято постановление Правительства города об освоении подземного пространства. В Санкт-Петербурге пока ничего подобного нет.

Главным вопросом является процедура получения земельного участка под подземное строительство. Закон о недрах предусматривает специальные процедуры для получения земельного участка не в целях добычи полезных ископаемых. Но конкретно получение участка под подземное строительство федеральным законодательством никак не регламентируется. По словам Алексея Борисовича Чичканова, руководителя практики проектного финансирования и инфраструктурных проектов международной юридической компании “DLA” Piper в Санкт-Петербурге, сейчас в Государственной Думе как раз рассматриваются поправки в Земельный кодекс, где будет предусмотрено получение земли для этих целей.

На уровне же субъектов федерации некоторые меры уже приняты. В Санкт-Петербурге летом этого года вышло Постановление Правительства СПб о процедуре предоставления земельного участка под подземное строительство. Эта процедура сложнее, чем при обычном строительстве, А.Б. Чичканов выделяет в ней 3 этапа.

1. Получение постановления Правительства о предоставлении права пользования землей под изыскания, в том числе для подземного строительства. Составление проекта работ по геологическому изучению, одобрение его в соответствующих органах.
2. Заключение договора аренды для проведения геологического изучения участка недр. Для этого необходимо иметь лицензию на геологию недр, и должны быть определены границы земельного участка.
3. Получение постановления Правительства о выдаче земельного участка под строительство подземного объекта. Для этого потребуются те же документы, что и в обычном случае, а также лицензия на подземное строительство.

Таким образом, основной особенностью данной процедуры является то, что проект работ должен быть составлен и одобрен до получения участка под строительство.

Существует также нерешенный вопрос о разграничении участков недр федерального и местного значения. При внесении последних изменений в Закон о недрах в нем были обозначены участки недр федерального значения. Для участков местного значения до сих пор такого разграничения нет. Между тем, только для таких участков город имеет право выдавать разрешения на геологические работы и выполнять другие функции контроля подземного строительства.

Другим особым вопросом является геотехническое обоснование строительства. Это понятие введено в ТСН 50-302-2004, но требований к его составу в данном документе нет. Обычно такое обоснование составляется по требованию заказчика или экспертизы. Владимир Петрович Вершинин, главный специалист по геотехнике ОАО «ЛенНИИПроект», предлагает создать некую типовую форму геотехнического обоснования для подземных сооружений, включающую в себя инженерно-геологические условия, геотехническую ситуацию, выявление возможных деформаций и т.д.

Очевидно также, что при переходе на саморегулирование подземное строительство попадает в список работ повышенной опасности, к которым нужны допуски. Таким образом, и так непростую ситуацию с правовым положением подземного строительства саморегулирование скорее усложнит, чем наоборот.

Следующим принципиальным вопросом, который рассматривался на конференции, была собственно геологическая ситуация в Санкт-Петербурге, приспособленность грунтов к подземному строительству в целом. «Плохие» грунты Санкт-Петербурга стали уже притчей во языцех, тем не менее, специалисты единогласно утверждают, что подземное строительство в Санкт-Петербурге вести можно. Джерзи Майэр, старший инженер-проектировщик ЗАО «Солетаншстрой», рассказывая о глубоких котлованах в мягких грунтах, приводил примеры из своего опыта строительства в Сингапуре и Мексике, где грунты значительно хуже питерских.

Одним из важнейших условий безопасности подземного строительства в Санкт-Петербурге является создание карты подземного пространства Санкт-Петербурга, с учетом современного состояния грунтов и их пригодности для такого строительства. Сейчас в строительной практике используется карта грунтов 80-х гг. По словам Евгения Алексеевича Ломакина, директора ООО НПФ «Водные ресурсы», при ее составлении использовались разные методики, а многие данные просто не учитывались. Также некоторые характеристики грунтов с тех пор изменились, в том числе, из-за антропогенного фактора.

Е.А. Ломакин и А.С. Богданов

Необходимость нового экспертного картирования подземного пространства Санкт-Петербурга назрела уже давно, и в 2007 г. по заказу геолого-геодезической службы КГА несколько петербургских организаций провели такую работу для небольшого участка в центре города.

На основании изучения около 400000 скважин были составлены модели грунтов с основными характеристиками: возраст, литология и т.п. На основании этих моделей для конкретного участка создается экспертная модель, в которой показана благоприятность грунтов для подземного строительства, а также их поведение при вскрытии.

Данные о физико-механических грунтов получали через унификацию многочисленной информации, хранящейся в КГА по результатам изысканий начиная с 30-х гг. XX в. Затем эта информация оцифровывалась, проводилось ее уплотнение: среднее расстояние между скважинами, вскрывшими Лужскую морену, составляет около 50м, что недостаточно. Производилось трехмерное моделирование разрезов, затем картирование информации.

Е.А. Ломакин отметил, что необходимо создать центр при КГА, который будет заниматься такой программой в масштабе всего города. Тогда такая база станет первоначальной основой для проведения изысканий, а данные новых изысканий, в свою очередь, будут оцифровываться в карту. Поскольку строители нуждаются в такой информации, центр должен окупиться через 1,5-2 года.

По словам Анатолия Станиславовича Богданова, начальника геолого-геодезической службы КГА Санкт-Петербурга, такая структура в Комитете уже есть – это инженерно-геологический фонд, собирающий информацию по скважинам. Проблема только в том, что на данный момент у города нет средств для полномасштабной реализации программы экспертного картирования подземного пространства.

Третьим и основным разделом конференции стало рассмотрение непосредственно технологических вопросов: влияния подземного строительства на существующую застройку, методов расчета осадки и деформаций, «щадящих» технологий подземного строительства.

Основной риск при выполнении глубоких котлованов, необходимых для подземного строительства, представляют осадки зданий окружающей застройки. Сейчас подземное строительство ведется и в центре города – достаточно вспомнить подземный паркинг на площади Восстания. Анатолий Иванович Осокин, генеральный директор ЗАО «Геострой», рассказал об имеющемся у его компании опыте подземного строительства в историческом центре. По его словам, сейчас уже можно обозначить некоторые меры, которые позволят минимизировать влияние котлована на окружающую застройку:

- уточнение технического состояния близлежащих зданий и сооружений;
- уточнение геотехнических условий площадки;
- использование «щадящих» технологий строительства;
- при необходимости превентивное усиление фундаментов окружающих зданий;
- регулярный мониторинг осадки и деформаций застройки.

Что представляют собой «щадящие» технологии строительства? Это, прежде всего, относится к технологии устройства самого котлована. Два самых распространенных варианта – это шпунтовое ограждение и стена в грунте.

Н.И. Ватин и Р.А. Мангушев

По мнению многих специалистов, в том числе иностранных, стена в грунте является более безопасной технологией для окружающей застройки. Патрик Венцль из «BAUER Maschinen GmbH» рассказывал о технологии, позволяющей выполнять стену в грунте в непосредственной близости от близлежащих зданий. Джерзи Майэр видит преимущество стены в грунте в том, что впоследствии ее можно использовать в качестве стены здания. Владимир Николаевич Парамонов, технический директор НПО «Георекoнструкция-Фундаментпроект», д.т.н., профессор ПГУПС, из опыта строительства в Санкт-Петербурге также отмечает, что стена в грунте обеспечивает осадку близлежащих зданий не более 2 см, что соответствует нормативам.

Тем не менее, есть свои сторонники и у шпунтового ограждения. По их словам, современные технологии позволяют обеспечить высокую скорость выполнения ограждения (около 30м стены в сутки), высокую жесткость конструкции, а также чистоту процесса. Возможность применения в исторической застройке также есть: по адресу Невский пр., 114 при помощи шпунта длиной 24м выполнялось ограждение котлована на расстоянии 1,5м до соседнего здания, и осадки не превысили допустимые.

Говоря о влиянии подземного строительства на окружающую застройку, необходимо также рассмотреть вопрос о расчете этого влияния. Проблема в том, что единой методики расчета осадок окружающих зданий при выполнении ограждения котлована нет. Точнее, такие методики есть, но они не адаптированы для нашего региона. В.Н. Парамонов приводил данные, исходя из которых ни один из методов расчета не соответствует данным натурных испытаний. Обычно считается, что горизонтальное смещение ограждения примерно в 2 раза больше, чем осадка окружающих зданий. Таким образом, при строительстве необходимо обеспечить смещение границ котлована не более чем на 4см. Но натурные испытания, проведенные ЗАО НПО «Георекoнструкция-Фундаментпроект», показали, что для Санкт-Петербурга этот расчет неприменим: горизонтальные смещения оказались примерно равны вертикальным. Кроме того, выяснилось, что максимальные смещения ограждения происходят ниже дна котлована. Таким образом, раскрепление котлована также необходимо выполнять ниже его дна, например, методом струйной цементации.

Оценивая взаимодействие подземного и наземного строительства, необходимо отметить и обратное влияние – наземного строительства на подземные сооружения, в основном, на тоннели метрополитена. Это также новая проблема, поскольку еще несколько лет назад строительство в охранной зоне метрополитена не велось. Сейчас в районе метро активно строятся торгово-развлекательные комплексы. Например, строительство ТК «Французский бульвар» вблизи станции метро «Ленинский проспект» привело к деформации подземных переходов. Поэтому в дальнейшем специалисты рекомендуют начинать такое строительство только после обследования объектов метрополитена и разрабатывать стадию «П» с учетом ограничений, накладываемых имеющейся подземной застройкой.

Прежде всего, необходимо учитывать возможную деформацию эскалаторных тоннелей под влиянием свайного поля. Нужно не только обеспечить обход сваями тоннелей, но и рассчитать влияние близлежащих свай на тоннель. Такие расчеты, осуществленные сотрудниками ПГУПС для строящегося торгового комплекса над станцией метро, показали, что необходимо разнесение свай от тоннелей метрополитена, и соответственно, усиление несущей способности близлежащих свай. Поскольку очень далеко разносить сваи невозможно, необходима обделка эскалаторных тоннелей чугунными тюбингами, тогда максимальное вертикальное смещение обделки тоннеля составит 9-10мм, т.е. деформации в пределах допустимых.

На конференции активно обсуждались широко известные объекты последних лет. Так, Алексей Георгиевич Шашкин, генеральный директор ЗАО НПО «Георекoнструкция-Фундаментпроект», рассказывал о работах по второй сцене Мариинского театра, а А.И. Осокин – о котловане на Лиговском проспекте, возле Московского вокзала (знаменитая «Яма»).

По результатам работы конференции был составлен меморандум, в котором в качестве основной задачи дальнейшего развития подземного строительства рассматривается создание при Правительстве Санкт-Петербурга Координационного совета по подземному строительству. Такой совет может быть создан на основе Экспертного совета Санкт-Петербургского отделения Тоннельной ассоциации России. Он должен будет решить основные проблемы, которые отметили участники конференции: отсутствие нормативно-правовой базы, инженерно-геологического зонирования территорий, общей концепции освоения подземного пространства города.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Наталья Головкова

Неделя науки в ГОУ СПбГПУ

С 24 по 28 ноября в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете проходила XXXVII Неделя науки – Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов. Это ежегодная конференция, на которой молодые ученые выступают со своими научно-исследовательскими работами. Она вырабатывает у студентов умение выступать на публике, а написание тезисов для сборника дает первый опыт создания научной статьи.

На инженерно-строительном факультете традиционно одними из самых востребованных стали секции «Технологические решения в проектировании и строительстве зданий и сооружений», «Инженерные системы зданий и сооружений» и «Организация и управление инвестиционно-строительными проектами».

Стоит отметить высокий уровень подготовки студентов младших курсов, которые выступали со своими первыми научно-исследовательскими работами. Научная ценность их работ пока невелика, тем не менее, настоящее самостоятельное исследование на втором-третьем курсе заслуживает уважения. Кроме того, именно работы младших студентов отличались грамотно составленными презентациями, хорошо подготовленными докладами и разумными ответами на вопросы. Очевидно, это можно отнести на высокий уровень преподавания дисциплины НИРС, а также информатики.

Красочным моментом секции «Технологические решения в проектировании и строительстве зданий и сооружений» стала демонстрация учебного фильма, снятого студентами 3 курса в рамках дисциплины НИРС. Фильм «Технология изготовления сборного железобетона» снимался в прошлом учебном году на различных предприятиях Санкт-Петербурга и демонстрирует все этапы данной технологии. Студенты сами озвучивали и монтировали фильм. Теперь он будет использоваться в качестве учебного пособия по дисциплине «Технология строительных процессов». В дальнейшем планируется подготовка подобных фильмов по другим разделам технологии строительства.

Особое внимание на Неделе науки всегда уделяется магистрам и аспирантам, ведь их выступления – прообраз будущей защиты. Выступление на Неделе науки – одновременно и контроль хода выполнения диссертаций, и проверка спорных моментов, «тренировка» перед защитой. В этом году в секции «Инженерные системы зданий и сооружений» выступали два аспиранта кафедры ТОЭС: Олеся Валерьевна Аверьянова с докладом «Разработка функциональной схемы энергоэффективной системы поддержания параметров микроклимата» (статью О.В. Аверьяновой на эту тему см. в следующем номере) и Игорь Андреевич Лундышев с работой «Перспективные технологии применения монолитного пенобетона для теплоизоляции трубопроводов» (статью см. Инженерно-строительный журнал, №1, 2008).

В целом Неделя науки 2008г. показала растущий уровень научно-исследовательских работ на факультете, а также интерес студентов к науке, который так важен для инновационного развития строительства в будущем.

По итогам Недели науки материалы лучших докладов будут опубликованы в нашем журнале.

Текст: Вера Якубсон
Фотографии: Ольга Гамаюнова

Использование САПР для решения исследовательских задач при проектировании опор воздушных линий электропередачи

Аспирант ГОУ СПбГПУ Д.Н. Смазнов*

Современная электроэнергетика России прошла путь ряда реформ и сформировалась в период образования новых государств Содружества. Но реалии времени требуют постоянного развития и на данном этапе происходят очередные глобальные перемены и решаются вновь накопившиеся проблемы.

Одной из основных проблем в энергетике остается необходимость обновления её основных фондов. По официальным данным ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ФСК ЕЭС) ясно, что нарастание объемов электросетевого оборудования, отработавшего свой ресурс, намного превышает темпы вывода его из работы и обновления. Замену основного электросетевого оборудования по ресурсным условиям необходимо производить после 25 – 30 лет эксплуатации. Реальное состояние электрических сетей следующее.

- Многие регионы нашей страны сталкиваются с проблемой ограниченной пропускной способности ЛЭП. По данным ФСК ЕЭС, список регионов «пиковых нагрузок» включает 16 областей, в числе которых Московская, Ленинградская, Нижегородская, Архангельская, Волгоградская области, Краснодарский и Пермский край, республика Коми, Дагестан и другие. Уже сегодня энергопотребление этих районов в несколько раз превышает величины, заложенные в Энергетической стратегии РФ до 2020 года, и потребление электроэнергии в них постоянно растет
- Средний срок эксплуатации ВЛ (воздушных линий) 750-1150 кВ составляет 20 лет, ВЛ 330-500 кВ — 24 года, при этом более 30 % ВЛ напряжением 500 кВ эксплуатируются свыше 30 лет
- Износ опор ЛЭП составляет 36%. Соответственно, необходима их замена. Всего в пониженном варианте за период 2004-2013 гг. намечается ввод 30024 км ВЛ 330 кВ. Реализация этого варианта развития электроэнергетики потребует капиталовложений в электросетевое строительство в размере 324 260 млн. руб. Частным примером может выступить подготовка инфраструктуры города Сочи к олимпиаде 2014г.

Реформы в отрасли в первую очередь направлены на создание эффективного электроэнергетического рынка с масштабным привлечением инвестиций. В целом в краткосрочной перспективе среди основных направлений инвестирования для Единой энергосистемы России Энергетической стратегией предусматривается:

- Строительство и техническое перевооружение электростанций
- Совершенствование и развитие электрических сетей для межгосударственного транспорта электроэнергии в СНГ и ее экспорта в сопредельные страны
- Поддержка проектов энергосбережения как одного из стратегических направлений повышения эффективности электроэнергетики
- Интеграция рынка России с электроэнергетическими рынками Европейского Союза и других стран Евразийского континента
- Создание сильной электрической связи между восточной и европейской частями России путем сооружения линий электропередачи напряжением 500 и 1150 кВ, а за 2010 г. - передач постоянного тока, проходящих по территории России. Роль этих связей особенно велика в условиях необходимости переориентации европейских районов на использование угля, т.к. позволяет заметно сократить завоз восточных углей для ТЭС
- Усиление межсистемных связей транзита между ОЭС (Объединенной энергетической системой) Средней Волги – ОЭС Центра – ОЭС Северного Кавказа, позволяющего повысить надежность энергоснабжения региона Северного Кавказа, а также ОЭС Урала – ОЭС Средней Волги – ОЭС Центра и ОЭС Урала – ОЭС Северо-Запада для выдачи избыточной мощности ГРЭС Тюмени
- Усиление системообразующих связей между ОЭС Северо-Запада и Центра
- Развитие электрической связи между ОЭС Сибири и ОЭС Востока, позволяющей обеспечить параллельную работу всех энергообъединений страны и гарантировать надежное энергоснабжение дефицитных районов Дальнего Востока

Безусловно, принятые направления развития должны привлечь инвестиции и реформировать одну из основополагающих отраслей экономики. Особое внимание теперь уделяется рациональному использованию средств и применению современных технологий. Энерго- и ресурсосбережение является главным

направлением технической политики. Происходящие изменения нашли отражение в разработанных и утвержденных «Положении о технической политике ОАО "ФСК ЕЭС"» и «Положении о технической политике в распределительном сетевом комплексе».

С началом реформ общий объем инвестиций в сетевое строительство ФСК ЕЭС возрастает с каждым годом. Но традиционные подходы не совсем отвечают ожиданиям инвестора. Проводимая в прошлые годы политика унификации привела к строительству сооружений со значительным перерасходом материалов. Добиться же снижения расхода ресурсов можно только при комплексном подходе к решению задачи за счет совершенствования архитектурно-планировочных и конструктивных решений с учетом реальных региональных климатических, технико-экономических, социальных и экологических особенностей.

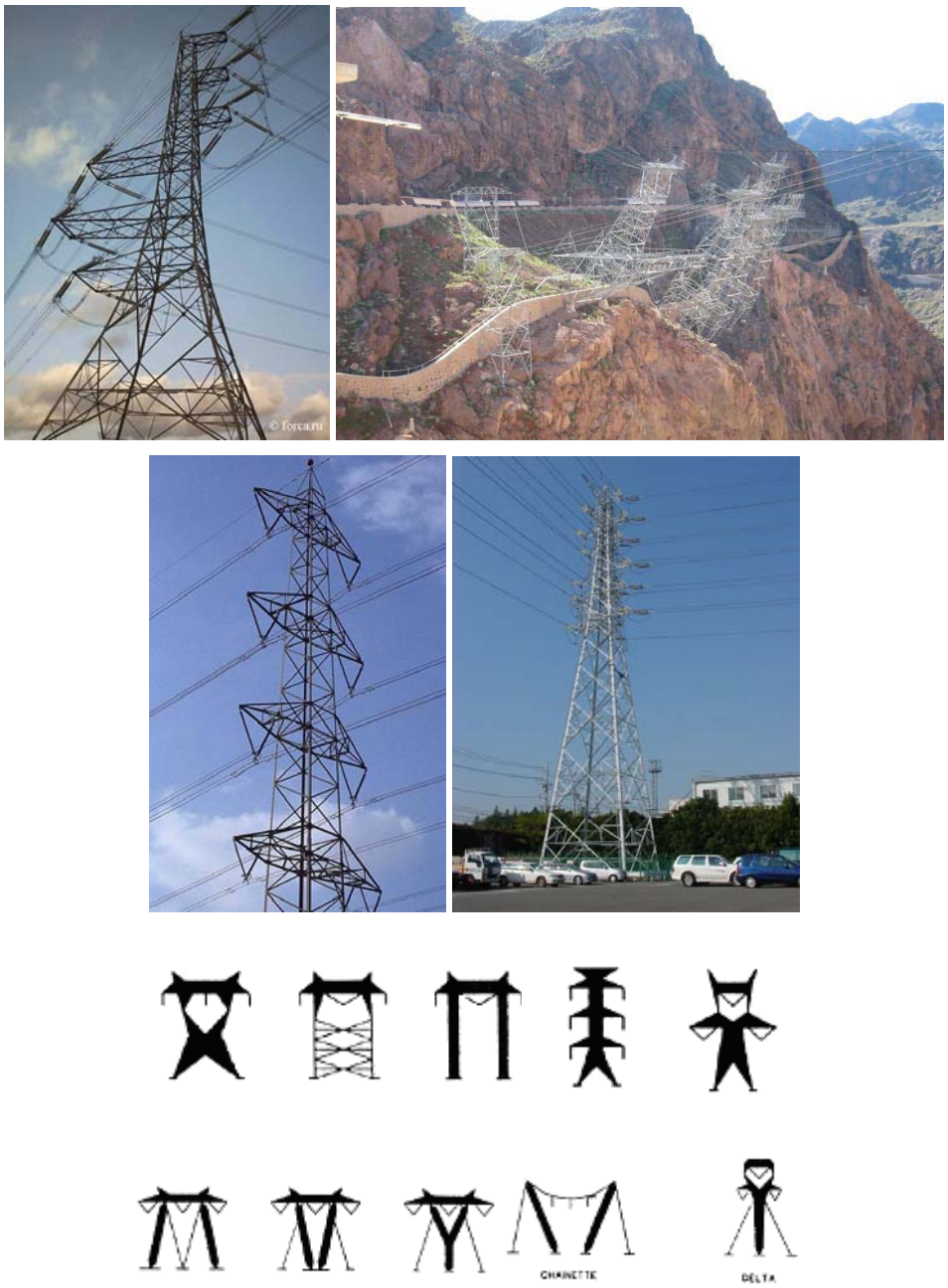

Рисунок 1. Опоры, устанавливаемые в сложных горных и городских условиях, опоры с индивидуальными конструктивными решениями

Рассмотрим одну из составляющих строительной части отрасли – металлические решетчатые опоры, которые являются основой для воздушных линий. Проектирование опор воздушных линий электропередачи – задача трудоемкая и начинается с анализа результатов электротехнических и геодезических данных. Одним из важных этапов энерго- и ресурсосбережений является применение уже на начальной стадии проектирования современных средств САПР, которые позволяют проводить быстрый анализ проектных решений и автоматизируют расчеты.

Следует уточнить, что с введением в 2003 году 7-го издания Правил устройства электроустановок (ПУЭ) резко возросли требования к надежности сетей. Отмечено, что введение «плавающих» коэффициентов по надежности затрудняет применение опор действующей унификации и разработку их новых типовых конструкций. Новые требования и стандарты делают труднореализуемым, а иногда и невозможным применение стандартных, унифицированных подходов при проектировании новых ВЛ и реконструкции существующих.

Проектные организации, не располагающие современными компьютерными средствами и использующие при проектировании унифицированные типы опор, зачастую вынуждены идти на применение конструкций с избыточными характеристиками для удовлетворения всего спектра требований к проектируемой линии. Это приводит к значительному увеличению капитальных затрат. Оптимизация применяемых конструкций в зависимости от конкретных условий проектирования до сих пор является редкостью в среде проектных организаций.

Как уже не раз доказывалось, реализовать задачи современного этапа на старой технической и технологической базе объективно трудно. Не случайно во многих статьях первым в ряду преимуществ принято обозначать адаптивность (гибкость) проектирования. Ключевым различием в проектировании конкретных линий электропередачи в России и на Западе является принцип выбора опор для проектируемой линии и расчета пролетных расстояний. Унифицированные методики проектирования подразумевают выбор опор для заданного типа напряжения и расчет получившихся пролетных расстояний для заданных ветровых и гололедных условий. Дискретность шкалы допустимых нагрузок унифицированных опор делает выбор неоптимальным при любых условиях: как правило, критической является одна из характеристик, остальные же остаются избыточными. Практика применения опор при проектировании ВЛ показывает возможность более детального подбора характеристик. Казалось бы, изменение конструкции стальной решетчатой опоры, как правило, ведет за собой фактически разработку совершенно нового альбома, проведения серьезного математического моделирования, просчета нескольких десятков узлов соединения. То есть проектирование подобной конструкции, хотя и не является технологически сложным, но по своему объему сопоставимо с проектированием промышленного здания. Но с помощью специального САПР проектная группа может быстро проводить модификацию существующей конструкции, адаптируя ее для конкретных условий. В данной работе рассматривается использование программы «Транслайн», разработанной ООО «СевЗап НПЦ Архимет»,

Хотелось бы поподробнее остановиться на перспективах, которые открываются перед инженерами при использовании современных технологий. Эти технологии помогут перенять прогрессивный мировой опыт, применить гибкие методики проектирования и решить ряд имеющихся проблем, а именно:

- Помогут выполнять детальный анализ технологических нагрузок на опоры (особых специфических нагрузок), на которые, как показал опыт, унифицированные опоры не рассчитаны. К примеру, нагрузок от звуковых и взрывных волн.
- Помогут рассмотреть возможность проектирования линии электропередачи сверхвысокого напряжения (345, 550, 765 кВ), и ультравысокого напряжения с применением высоких стальных опор башенного типа высотой 60 ÷ 80 м из стальных труб. Особенно это актуально на магистральных ВЛ для улучшения экологической обстановки вблизи ВЛ и сокращения ширины полосы, занимаемой трассой ВЛ.
- Помогут применять в проектах марки сталей повышенной прочности и коррозионной стойкости для изготовления опор и использовать европейский сортамент и стали.
- Помогут оценить экономическую эффективность при исключении из технологического процесса подъема свободностоящих опор - шарниров и стрел. Применение такого метода поворота при установке опор в проектное положение приводит в конечном итоге к их утяжелению Необходимо скорректировать существующие конструкции металлических опор под конкретную технологию монтажа.
- Помогут проектировать конструкции опор оптимальных геометрических размеров, разрабатываемых для конкретных ВЛ, иногда довольно индивидуальных (см. рис. 1). Специфичность условий строительства ВЛ в мире такова, что создание опоры ВЛ, удовлетворяющей одновременно заказчиков из Европы, Африки и Южной Америки, скорее всего, задача нереальная. К тому же решение по применению типовых проектов, срок действия которых закончился, находится в компетенции проектировщика и заказчика, которые несут ответственность за качество проектной документации для конкретного строительства.
- Помогут отказаться от применения 7—10 типоразмеров углового проката на одной опоре, что ведет к увеличению ее весовых показателей.

- Позволят проектировать по нормам Северной Америки, Европы, Азии, Востока и пр. Это, при отсутствии опыта применения различных норм проектирования, принятых в других странах (ANSI, ASTM, DIN), станет дополнительным инструментом, позволяющим с разных сторон оценить принятое проектное решение.
- Помогут гармонизировать российскую систему технического регулирования с международной. Объекты в РФ имеют низкую инвестиционную привлекательность для внешних инвесторов. Использование специального ПО, отвечающего европейским нормам повысит эту привлекательность.
- Ускорят оперативность проектирования, что будет одним из стимулов для снижения затрат и внедрения на предприятиях новой техники и технологий.
- Ускорят разработку новой нормативно-технической документации по организации и технологии строительного производства и упростят объединение отдельных структур и их работу и уменьшит формализм в вопросах согласования и утверждения проектов.

Чтобы внедрить новые методики решения указанных выше проблем в массовое применение, необходимо предварительно выполнить ряд научных обоснований, уделив внимание возможности исследования и проведения анализа вариантов оптимизации конструкции с использованием САПР и рассмотрев особенности применения конкретного программного продукта при проектировании. Обозначим, что объектом исследования будут являться опоры линий электропередач, а предметом - конструктивные решения, обеспечивающие повышение прочностных характеристик с учетом региональных условий строительства и увеличение экономической эффективности. После этого можно сказать, что научная новизна обоснований состоит в решении вопросов повышения несущей способности опор, разработке и испытании методик уточняющих расчетов конструкций и предложении новых зависимостей. При разработке новых методик специальные САПР значительно облегчают решение весьма сложных задач и обеспечивают как проведение статического расчета металлоконструкции, так и решение некоторых нелинейных и динамических задач. В частности, может быть проведен деформационный расчет, учитывающий дополнительные силовые факторы, возникающие при учете осевых компонентов нагрузок в случае конечных перемещений элементов конструкции. Также может проводиться и нелинейный расчет, при котором учитываются изменения формы элементов конструкции, возникающие при их деформациях. Поставленные задачи решаются методом численных теоретических исследований, основанным на современных достижениях в области теории и практики создания САПР, физико-математического моделирования с использованием системного анализа.

Как один из вариантов, обозначим следующую последовательность исследований для разработки необходимых обоснований:

1. Корректировка существующей стальной решетчатой конструкции опоры, которая обеспечивает конструктивную прочность и является более экономически эффективной.
2. Обоснование конструктивных решений, позволяющих увеличить несущую способность.
3. Проведение анализа напряженно-деформированного состояния конструкции в целом и отдельных ее элементов.
4. Решение задачи сопоставления взаимных деформаций узлов конструкции при экспертизе принятых проектных решений.
5. Анализ эффективности и возможных негативных последствий в случае ремонта конструкции;
6. Анализ работы конструкции с учетом собственных форм колебаний, отказ от применения методик определения пульсационной составляющей ветровой нагрузки по ПУЭ-7. Применение уточняющих методик, изложенных в СНиП 2.01.07-85*. Введение дополнительной уточненной методики определения собственных колебаний и пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Расчет конструкции на значительно большее количество направлений воздействия ветровой нагрузки в зависимости от конкретных условий.
7. Проведение сравнения оптимизированной и взятой за прототип опоры.
8. Предложение методики оптимизационного расчета конструктивных решений, отличающейся учетом местных климатических условий и учетом особенностей работы конструкции, позволяющей находить экономически оптимальные параметры.
9. Оценка экономической эффективности применения новой конструкции.

Решение инженерных задач в части конечно-элементного анализа будем искать с использованием программы «Транслайн». При решении поставленных частных задач особый интерес в расчетах представляют небольшие локальные задачи с детальным исследованием отдельных элементов конструкций. К ним,

например, относится исследование собственных частот колебания элементов и напряженно-деформированного состояния болтовых соединений или ответственных сварных узлов и деталей. Для решения таких задач классическими методами зачастую не хватает следующих первичных данных:

- числового значения нагрузок, возникающих в отдельных элементах узла;
- закона распределения нагрузки по узлам и деталям;
- уровня напряжений в какой-либо зоне, характера деформаций и др.

С целью получения необходимых данных создается модель всей конструкции, результатом расчета которой становятся все недостающие параметры нагрузки интересующих узлов. После этого переходят к рассмотрению отдельных узлов и деталей, и производится их расчет, то есть узел или деталь рассматривается как отдельная конструкция. Таким образом, осуществляется переход от общей конструкции к ее отдельным элементам и узлам, и соответственно, в первую очередь, решается общая задача для получения исходных данных и решения локальной задачи. Такой подход используется в расчетных задачах на прочность нечасто. И в этом заключается новизна исследований.

Для создания расчетной модели используется связанный с другими системами модуль, который может создавать трехмерные модели моделирования (например, в AutoCAD) и подготавливает их для проведения прочностного расчета;

Созданная модель может быть разбита на конечные элементы (то есть сгенерирована конечно-элементная сетка) и экспортирована в модуль прочностного расчета.

Программное обеспечение позволяет для существующих и проектируемых сооружений провести автоматизированные сбор нагрузок, расчет усилий и перемещений от статических и динамических нагрузок, расчет на устойчивость, на свободные колебания, проверку на резонанс. Это позволяет исследовать работу элементов сооружений с установлением действительного напряженно-деформированного состояния, конструктивный и оптимизационный расчеты.

В систему входит несколько исполняемых модулей, реализующих отдельные этапы проектирования:

- определение геометрических параметров расчетной схемы и ее элементов;
- определение физико-механических характеристик участков расчетной системы;
- сбор статических узловых нагрузок;
- расчет на устойчивость, расчет свободных колебаний, динамических нагрузок, усилий в элементах системы и перемещений от статических, динамических и результирующих нагрузок;
- определение напряжений в сечениях элементов и оценка их несущей способности;
- конструктивный расчет;
- оптимизация по массе металлоконструкции.

При решении прямой задачи (конструктивном расчете) процесс проектирования носит итерационный характер и отражает последовательность решения обратной задачи при заданных характеристиках сечений элементов и векторе внешней нагрузки. В ходе итераций сечения элементов уточняются, исходя из условия прочности.

С достаточной степенью точности получаемых результатов заданная система сооружения представляется в виде консольного либо шарнирно заделанного у основания стержня (в случае мачт) переменной жесткости с действующей на него продольной (гравитационной) и поперечной (ветровой) нагрузками.

Рассмотрим каждый из модулей системы подробнее.

В расчете на устойчивость и колебания использован энергетический метод. Расчетная схема описывается в дискретной форме с учетом изменения масс по высоте, с жесткостями, кусочно-постоянными по участкам расчетной системы. Система учитывает фактическую массу установленного оборудования, что сказывается на работе сооружения в худшую сторону. Хотя, в то же время, нормативными документами допускается эту массу не учитывать. В качестве математического аппарата использована матричная алгебра. Составление и формирование основных и вспомогательных матриц полностью автоматизировано. В определении динамических добавок к усилиям и перемещениям используется полный спектр "n" старших частот и соответствующие им координаты форм свободных колебаний. В определении единичных и других перемещений учитываются деформации сдвига, что повышает точность расчета. Выходными данными

расчета являются внутренние усилия и перемещения от статических и динамических воздействий в стержне ствола конструкции по участкам расчетной схемы.

Расчет геометрических параметров. Здесь вычисляются длины элементов конструкции (поясов, раскосов, распорок, диафрагм) и соответствующие им требуемые из условия предельной гибкости радиусы инерции. Моделируется расчетная схема (ее структура).

Сбор статических узловых нагрузок и расчет масс. Продольные нагрузки и массы определяются по известным технологическим нагрузкам и сечениям элементов конструкции. Модель расчета ветровой нагрузки полностью отражает требования СНиП "Нагрузки и воздействия". Для этого используется соответствующая нормативная база данных. Путем индексации каждого элемента конструкции единым алгоритмом реализуется нахождение аэродинамических показателей каждого из них, по которым затем определяются коэффициенты лобового сопротивления участка расчетной схемы и, наконец, узловая ветровая нагрузка.

Оценка несущей способности элементов конструкции проводится на основании результатов статического и динамического расчета. Усилия определяются способом вырезания узлов.

Конструктивный расчет. Исполняется только при решении прямой задачи строительной механики. Здесь происходит подбор сечений из условий предельной гибкости и прочности с помощью автоматического обращения к электронной базе данных сортамента металлических профилей.

Оптимизация по массе конструкции. Степень развития системы предполагает возможность проведения оптимизационного расчета, где критерием качества является масса элементов конструкций. Основными варьируемыми параметрами являются ширина и высота грани панели башни. Результатом расчета являются такие габариты панели башни, при которых усилия, возникающие в элементах конструкции, а, следовательно, и требуемая площадь поперечного сечения и масса минимальны.

Для сравнения: основным (сертифицированным) программным комплексом, реализующим идею МКЭ в расчетах строительных конструкций, на данный момент в Российской Федерации является SCAD. Практические расчеты показали, что результаты анализа в «Транслайн» и SCAD имеют расхождение в пределах 6%, что вполне допустимо для инженерных расчетов. Принципиальные позиции и отличительные особенности использования САПР «Транслайн» следующие:

- Мобильность и оперативная корректировка. Возможность творческого конструирования большого спектра новых форм. Экспресс-контроль параметров.
- Автоматическая генерация ветровой и гололедной нагрузок на сооружение.
- Расчет соединений. Возможность расчета в автоматическом режиме. Переход от общей к местной задаче.
- Возможность проектирования стальных элементов по многим нормам, включая ASD, LRFD, CAN, EIA, BS, DIN, EC3 и пр.

В качестве заключения можно сказать, что новый подход к проектированию и исследованию позволит широко применять основные научные и практические результаты, полученные с использованием «Транслайн», которые будут заключаться в следующем.

1. После модернизации конструкции опор будут проходить по первому и второму предельному состоянию.
2. Будут предложены методики оптимизацонного расчета конструктивных решений, отличающиеся учетом местных климатических условий, позволяющие находить экономически оптимальные параметры. Подобного рода уточняющие исследования методик расчета конструкций с помощью автоматизированного проектирования экспертным организациям, безусловно, необходимы. Техническая диагностика и экспертиза промышленной безопасности включают, кроме расчетов на статическую прочность и на деформацию, расчеты на устойчивость, расчет на собственные (резонансные) частоты и вынужденные колебания металлоконструкции, а также расчеты на усталостную прочность (выносливость). Часто перед экспертами ставятся не узконаправленные проектировочные задачи, а более глобальные, связанные с экспертизой технических систем. В основном это задачи по трем направлениям:
   - экспертиза новых проектов и модернизаций;
   - расследование и выявление причин произошедших аварий, а также обоснование внесения соответствующих изменений в конструкцию;
   - экспертиза с целью продления нормативного срока службы.
3. Применение «Транслайн» значительно облегчает и ускоряет численные эксперименты в научных исследованиях. Применение современного программного комплекса позволяет значительно снизить

временные и трудовые затраты при оценке напряженно-деформированного состояния реконструируемых сооружений, их усилении, проектировании новых сооружений. Программное обеспечение может быть внедрено в учебный процесс при подготовке специалистов строительных специальностей: в проведении лабораторных и практических занятий по исследованию работы строительных конструкций, в курсовом и дипломном проектировании.

4. Будет предложено рассчитывать опоры по разным уточняющим методикам, которые необходимо исследовать и сформулировать. Предоставляется возможность проводить поиск и анализ различных вариантов проектного решения при изменении отдельных параметров расчетной схемы, не изменяя всей исходной информации, а также проводить оптимизационные расчеты.
5. Будет возможность отказаться от применения действующих унифицированных опор и разработки новых унификаций, уменьшить капиталовложения. Для каждой вновь проектируемой ВЛ разрабатывать серию опор, рассчитанную на конкретные условия. Это, в свою очередь, уменьшит ошибки при проектировании, т.к. проекты на протяжении длительного периода после распада СССР, как правило, не корректировались в связи с изменением национальных нормативно-правовых актов, что не могло не отразиться на их научно-техническом уровне.
6. Расчет конструкции показывает ее практическую реализуемость и дает материал для сметно-экономического расчета. Следует отметить, что результаты по данной работе и указанный выше подход к проектированию опор используется в отдельных организациях, специализирующихся на эксплуатации сетей: «ЭЛТЕЛ Нетворкс», «СевЗап НПЦ Архимет».

Литература

1. Автоматизированное проектирование высотных сооружений // http://www.sibpatent.ru/default.asp?khid=50464&all=1&sort=3
2. Встроенная справка в систему автоматизированного проектирования «SCAD soft» и «Транслайн».
3. Ильичев Н. Расчет и проектирование ВЛ, ОРУ и ВОЛС в среде EnergyCS Line // http://www.cadmaster.ru/articles/article_24612.html
4. Компания ОАО «ФСК ЕЭС» // http://www.fsk-ees.ru/
5. Лавров Ю. Линии электропередачи – 2004: опыт эксплуатации и научно-технический прогресс // Результаты научно-практической конференции. Электронная публикация. http://www.news.elteh.ru/arh/2004/29/12.php
6. Металлические конструкции. Общий курс / Учебник для ВУЗов под ред. Е.И. Беленя, М, 1991.
7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
8. Семенко О.В., Патеюк Н.Г., Белоцерковский Л.Я., Костиков В.И. Особенности проектирования ВЛ 35-750 кВ в современных условиях // http://www.energobud.com.ua
9. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»
10. СП 53-102-2004 «Общие правила проектирования стальных конструкций»

**Денис Николаевич Смазнов, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. моб. +7-906-250-06-05

Эл. почта: mazi8@yandex.ru, towerpole@yandex.ru

Каркасные системы, применяемые в ограждающих конструкциях при строительстве из монолитного пенобетона

Аспирант ГОУ СПбГПУ И.А. Лундышев*

Ячеистые бетоны как материалы известны достаточно давно – примерно в 20-х-30-х гг. XX века вышло несколько монографий и прикладных инструкций по работе с ними. С тех пор технологии применения ячеистых бетонов уверенно развивались в двух направлениях: газобетонов и пенобетонов.

Относительно новым типом использования ячеистых бетонов является утепление монолитным сверхлёгким пенобетоном ограждающих конструкций зданий, разработанное и внедрённое в нашей стране группой учёных и технологов под руководством д.т.н. В.Д. Васильева. Первые многоэтажные жилые комплексы, построенные по данной технологии, были сданы в эксплуатацию в 2001 году. В последние десять лет объемы такого строительства уверенно растут, что обусловлено высокими эксплуатационными качествами пенобетона, такими как негорючесть, долговечность, сравнительно небольшая цена конструкции, высокая технологичность и простота укладки. Монолитный пенобетон плотностью 200 кг/м^3 массово применяется при устройстве кровли, 300 кг/м^3 – при строительстве ограждающих конструкций, 800 кг/м^3 – при устройстве стяжки перекрытий. С 2006 года монолитный пенобетон плотностью 200 кг/м^3 используется для теплоизоляции трубопроводов, а с 2008 года монолитный пенобетон плотностью 500 кг\м^3 – в дорожном строительстве. Строительство по таким технологиям производится практически во всех регионах РФ, в Болгарии, Чехии, Монголии, в странах СНГ.

Во всех случаях сверхлёгкий монолитный пенобетон укладывается с использованием несъёмной опалубки, как правило, собранной на каркасной системе. Это вызвано невысокой прочностью на сжатие теплоизоляционных марок пенобетона и необходимостью его защиты от внешних воздействий. При возведении кровли функцию защитного слоя выполняет либо верхний слой из пенофибробетона плотностью 800 кг/м^3, либо слой листового покрытия в случае возведения каркасной вентилируемой кровли.

Для ограждающих конструкций применяется несъёмная опалубка из разнообразных листовых материалов или кирпича, а сама ограждающая конструкция состоит из каркаса, опалубки и монолитного пенобетона, залитого между опалубкой.

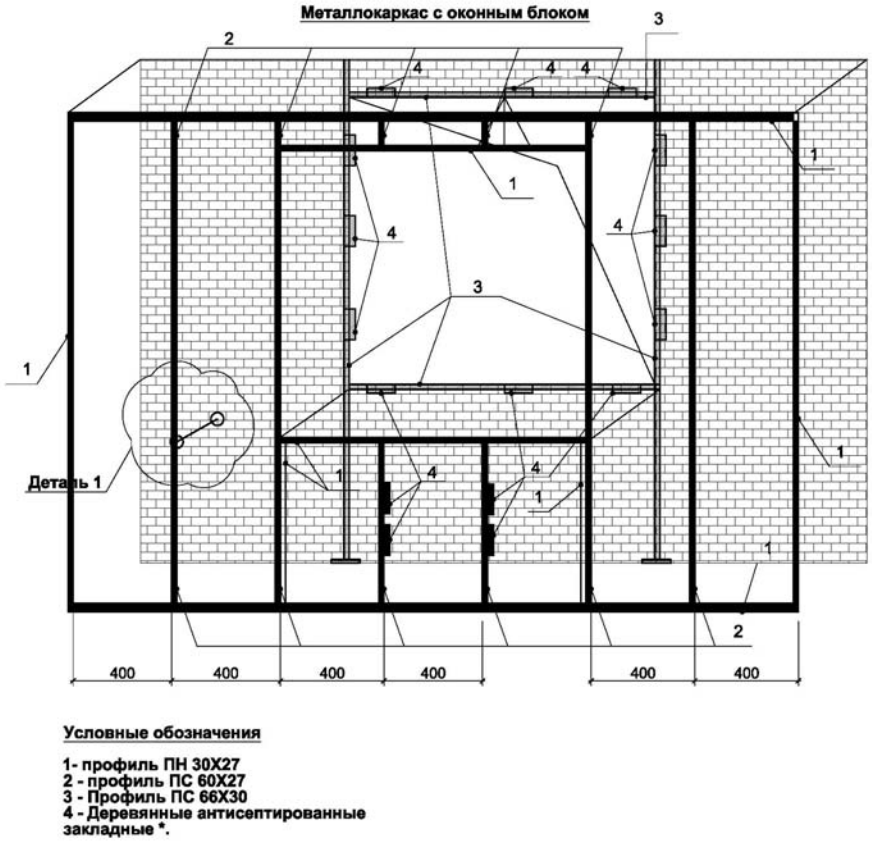

Рисунок 1-1. Металлический каркас с оконным блоком

Каркасная система придаёт общую жёсткость конструкции и, при необходимости, выполняет несущую функцию. По этому критерию проводится основное различие каркасных систем.

1. Самонесущие каркасные системы обычно используются при каркасно-монолитном многоэтажном строительстве, когда несущие функции выполняет основной железобетонный или стальной каркас здания, а ограждающая конструкция в целом выполняет самонесущие функции. Обычно такие типы каркасов выполняются из стандартных направляющих для ГКЛ. Пример такого каркаса можно увидеть на рис.1-1. В приведённом случае внешней опалубкой служит кирпич, внутренней — ГКЛ, такой каркас возводится после внешней кирпичной опалубки и крепится к ней при помощи металлической сетки и связей, видных на рис.1-2. Установка оконных и дверных блоков происходит на этапе возведения каркаса (рис 1-3).

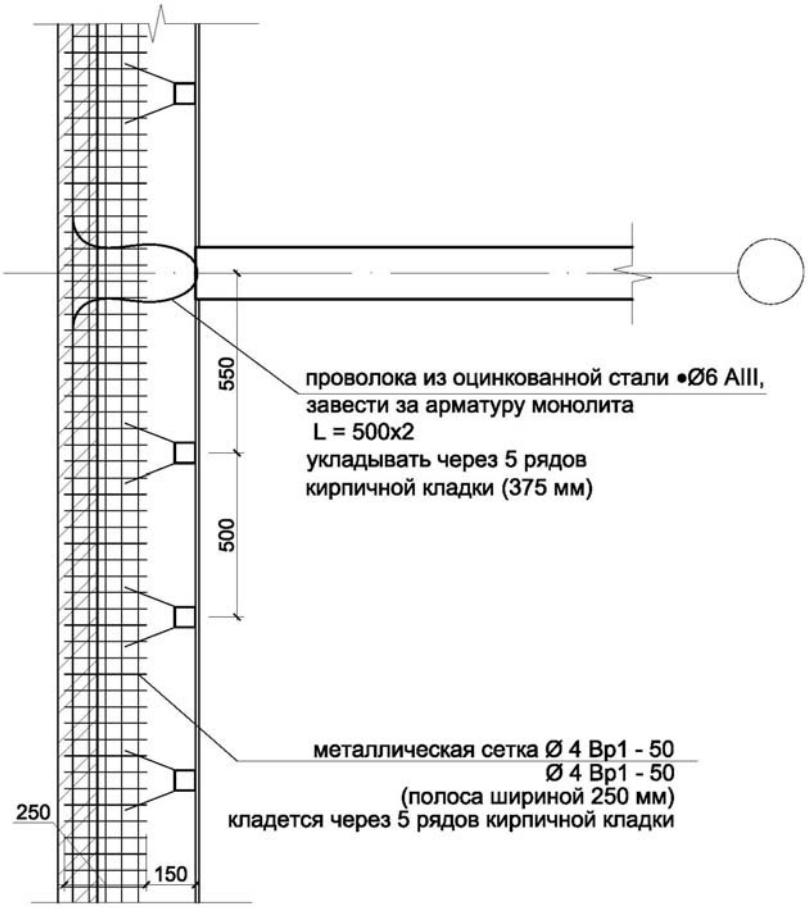

Рисунок 1-2. Металлический каркас. Разрез

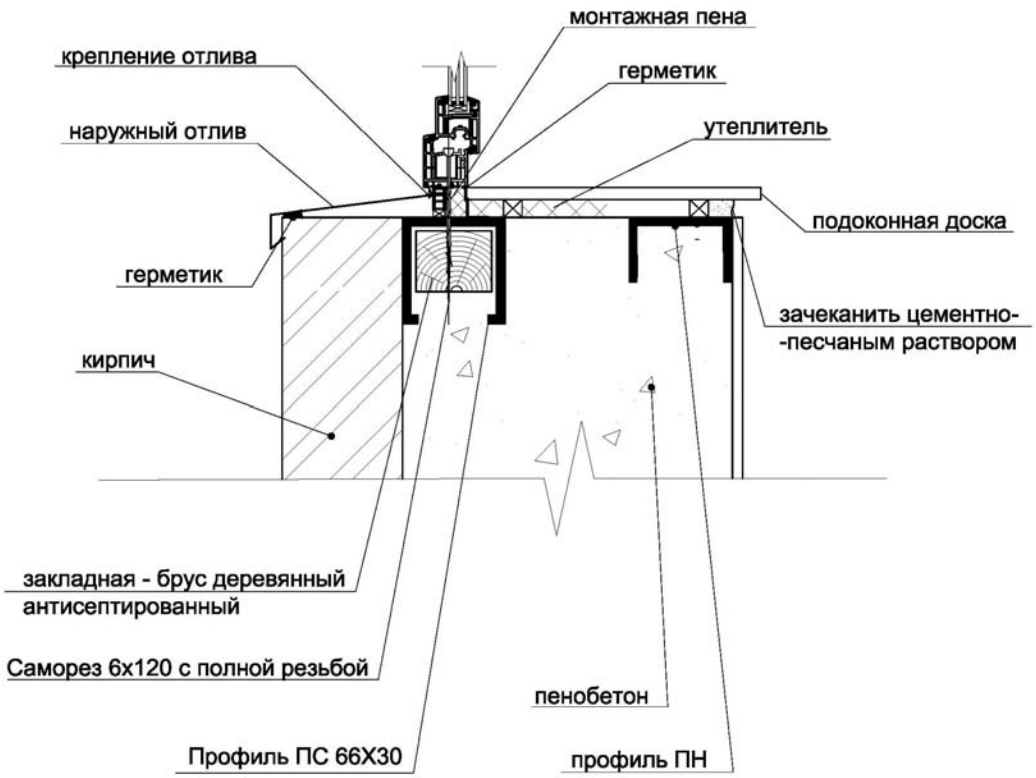

Рисунок 1-3. Схема установки оконного блока

В случае же, когда с обеих сторон ограждающей конструкции присутствует листовая опалубка, а несущими являются либо колонны, либо поперечные несущие стены, каркас возводится в первую очередь (рис. 2).

После установки каркаса на нём крепится несъёмная опалубка, через заливочные клапаны которой происходит заполнение внутреннего объёма ограждающей конструкции монолитным пенобетоном.

2. Несущие ограждающие конструкции применяются при малоэтажном строительстве или при возведении мансард. В этом случае несущий каркас возводится из стального оцинкованного металлического профиля 1,5 мм или из антисептированного дерева (рис. 3). В редких случаях применяется каркас с использованием металлических двутавровых балок 5 мм. На металлический несущий каркас дополнительно устанавливаются теплоизолирующие материалы для предотвращения мостиков холода. Для сейсмических районов каркас здания усиливается и дополнительно сращивается с перекрытиями с целью получения жёсткой конструкции.

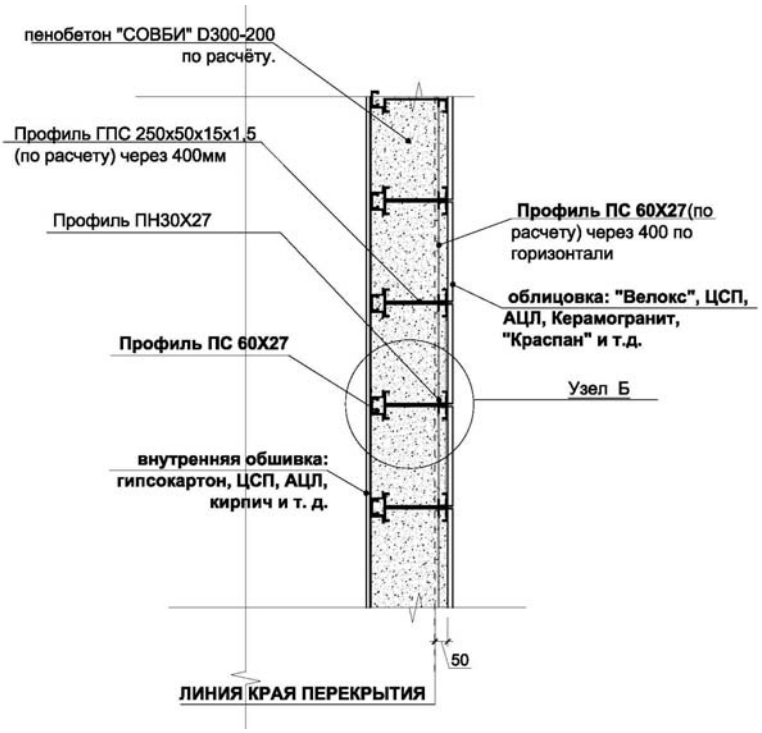

Рисунок 2. Пример стены с несъёмной опалубкой из листового материала

Несущий каркас начинают возводить сразу после устройства фундамента и устройства гидроизоляции. В процессе возведения каркаса с ним связываются обычно стропильные системы перекрытий и кровли (рис. 4).

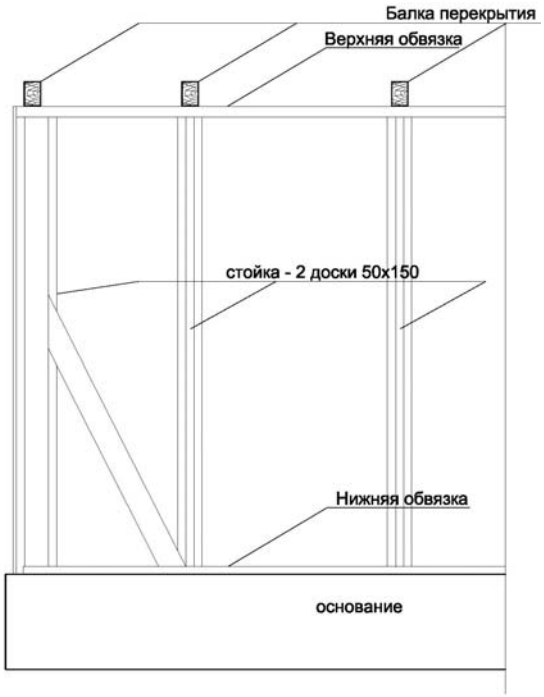

Рисунок 3. Пример деревянного каркаса

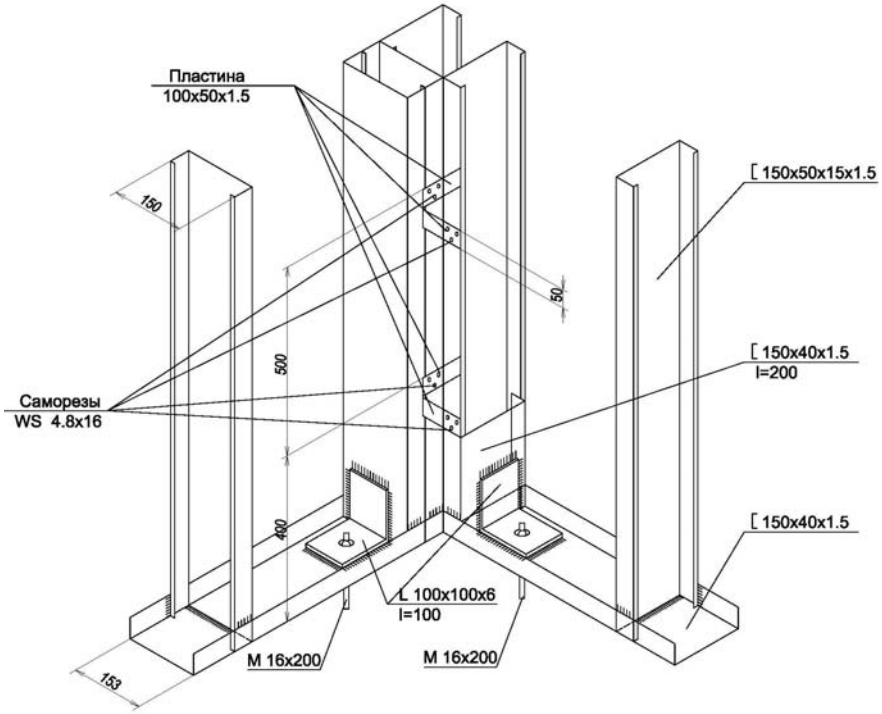

Рисунок 4. Сечение кровли мансарды

Рисунок 5. Узлы несущего каркаса

В случае надстройки мансард (рис. 5) в существующем здании старого фонда без его расселения или остановки работы, после устройства гидроизоляции каркас начинают возводить сквозь существующую кровлю, и уже после установки каркаса и обшивки листовым материалом демонтируется прежняя кровля и стропильная система.

Выбор металлического или деревянного каркаса производится на этапе проектирования. Достоинствами металлического каркаса являются прочность, высокая геометрическая точность, негорючесть. Достоинствами деревянного каркаса являются дешевизна, лёгкость обработки и возможность возведения здания из местных материалов.

Что же касается несъёмной опалубки, то она должна выполнять функцию защиты теплоизоляционного пенобетона, иметь хорошие влагостойкие качества, а также обладать хорошей паропроницаемостью. С 2001 года применяются несъёмные опалубки из кирпича и влагостойкого ГКЛ, который, несмотря на невысокие эксплуатационные качества, является самым экономичным материалом. С 2000 года применяется опалубка из цементно-стружечных листов, с 2004 года опалубка из асбесто-цементных листов, эти опалубки более прочны и влагостойки, однако практически не паропроницаемы, что требует проведения комплекса мероприятий по вентиляции ограждающей конструкции. В Болгарии с 2005 года активно используются армированные цементно-песчаные плиты, которые компенсируют свою высокую стоимость высокими эксплуатационными качествами. С 2005 года применяются и опалубки из щепо-цементного листа, к которому относятся те же определения, что и к армированным цементно-песчаным плитам.

Дальнейшее развитие каркасных систем, возможно, будет связано с использованием вариотропных схем, когда каркас и несъёмная опалубка возводятся из конструкционного армированного монолитного пенобетона, в который заливается теплоизоляционный пенобетон. Данная тема очень интересна и при практическом применении обещает дать заметный экономический эффект.

Литература

1. Альбом типовых решений в многоэтажном и малоэтажном строительстве с использованием монолитного пенобетона по технологии «СОВБИ» СП-II\2007 Санкт-Петербург, 2007 г.
2. Методические рекомендации по теплоизоляции монолитным пенобетоном ограждающих конструкций малоэтажных зданий (на деревянном каркасе) Санкт-Петербург, 2007 г.
3. Патент 63386 «Устройство ограждающей конструкции многоэтажного строения»
4. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника»
5. ТУ 1121-004-04001508-2003 «Профили стальные оцинкованные тонкостенные»

**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

Влияние акустических отверстий на звукоизоляцию строительных конструкций

*Д.т.н., профессор ГОУ СПбГМТУ и ГОУ СПбГПУ И.И. Боголепов**

В строительных конструкциях жилых, общественных и промышленных зданий часто имеются различные участки с более низкой звукоизоляцией, чем у основной конструкции, или даже небольшие участки с нулевой звукоизоляцией. Участки, отрицательно влияющие на звукоизоляцию всей конструкции, называются акустическими отверстиями. Типичными акустическими отверстиями могут быть окна и двери, сквозные и несквозные щели, технологические отверстия в стенах, перегородках и перекрытиях. Насколько ухудшают акустические отверстия защиту от шума, какова мера опасности и как избежать в случае необходимости этого ухудшения?

С точки зрения физической сущности передачи звуковой энергии через отверстия в конструкции их следует разделять на большие и малые отверстия [1, 2, 3].

Большое акустическое отверстие характеризуется большим отношением линейных размеров площади отверстия к длине падающей на него звуковой волны. Практически при нормальном падении звуковых волн можно считать, что волны проходят через большое акустическое отверстие энергетически по законам геометрической акустики, и прошедшая через отверстие звуковая энергия пропорциональна площади отверстия. Типичные большие акустические отверстия — это окна и двери.

Малое акустическое отверстие характеризуется малым отношением линейных размеров площади отверстия к длине падающей на него звуковой волны. В этом случае нельзя пренебречь дифракционными эффектами (законы геометрической акустики здесь уже неприменимы), в связи с чем через малое акустическое отверстие может проходить меньше звуковой энергии, чем имеется в падающих на отверстие звуковых волнах. Это справедливо при нормальном падении звука. Но при наклонном падении звуковых волн на пластину ситуация меняется. Дело в том, что малое отверстие в тонкой пластине излучает всегда одну и ту же энергию независимо от угла падения звуковых волн, в то время как падающая на отверстие звуковая энергия пропорциональна косинусу угла падения, вследствие чего прохождение звуковой энергии при косом падании увеличивается. При диффузном падении звука, когда звуковые волны одновременно падают под всевозможными углами, малое отверстие может пропускать больше звуковой энергии, чем соответствует его площади. Типичные малые акустические отверстия: щели в окнах и дверях, зазоры в местах прохода коммуникаций, технологические отверстия.

Поскольку понятия «большое» или «малое» акустическое отверстие определяются отношением их линейных размеров к длине волны, а следовательно, зависят от частоты звука, постольку одно и то же отверстие может обладать свойствами большого акустического отверстия в области высоких частот и малого — в области низких частот.

В строительной акустике часто встречаются большие акустические отверстия. Практически важные для инженера-строителя закономерности звукопередачи через большое акустическое отверстие преграды и его влияние на общую звукоизоляцию преграды можно показать при следующих условиях.

Представим себе преграду в виде пластины со звукоизоляцией R_1 и площадью S_1, которая имеет большое акустическое отверстие со звукоизоляцией R_0 и площадью S_0. Общая площадь преграды $S = S_1 + S_0$. Интенсивность звука в падающих на пластину волнах обозначим J_1, интенсивность звука, прошедшую через площадь S_1, обозначим J_{31}, а интенсивность звука, прошедшую через площадь S_0, соответственно, J_{30}. Отсюда $R_1 = 10\lg\frac{J_1}{J_{31}}$ и $R_0 = 10\lg\frac{J_1}{J_{30}}$. При энергетическом подходе в рамках геометрической акустики (например, при нормальном падении высокочастотных звуковых волн), используя отношение звуковой мощности в падающих W_1 и прошедших W_3 звуковых волнах, общую звукоизоляцию преграды R в дБ с отверстием определим формулой:

$$R = 10\lg\left(\frac{W_1}{W_3}\right) = 10\lg\left[\frac{J_1\left(S_1 + S_0\right)}{J_{31}\,S_1 + J_{30}\,S_0}\right] = \; = R_1 - \Delta R_0, \quad где\ \Delta R_0 = 10\lg\left[\frac{1 + \frac{S_0}{S_1}10^{\frac{R_1 - R_0}{10}}}{1 + \frac{S_0}{S_1}}\right] \quad (1)$$

Как видно из формулы, влияние акустического отверстия ΔR_0 таково, что одно и то же акустическое отверстие (R_0 *и* $\frac{S_0}{S_1}$ *– постоянны*) уменьшает общую звукоизоляцию преграды R тем больше, чем больше собственная звукоизоляция преграды R_1. Поэтому при большой звукоизоляции основных конструкций (стен, перегородок, перекрытий), когда $R_1 >> R_0$, необходимо для снижения шума в первую очередь увеличивать звукоизоляцию их акустических отверстий, то есть величину R_0, ибо именно она решающим образом влияет на результат. Например, если в стене кабины управления имеется застекленное окно, площадь которого в десять раз меньше площади кабины ($\frac{S}{S_0} = 10$), а звукоизоляция окна на определенной частоте меньше собственной звукоизоляции стены на 30 дБ ($R_1 - R_0 = 30$), то это окно уменьшит звукоизоляцию стены, как это следует из формулы, на 20 дБ. Если увеличить собственную звукоизоляцию стены на 30 дБ, а окно оставить без изменений ($R_1 - R_0 = 60$), то окно уменьшит звукоизоляцию стены уже на 50 дБ ($\Delta R_0 = 50$).

В частном случае (например, открытая форточка в стене или открытый иллюминатор в звукоизолирующем боксе машины), когда сквозное отверстие занимает малую площадь по сравнению с площадью преграды ($\frac{S_0}{S_1} << 1$, $R_0 = 0$), то при большой собственной звукоизоляции преграды R_1 имеем $1 + \frac{S_0}{S_1} \approx 1$ *и* $\frac{S_0}{S_1} 10^{\frac{R_1}{10}} >> 1$. Общая звукоизоляция такой преграды со сквозным отверстием:

$$R \approx R_0 + 10\lg\left(\frac{S_1}{S_0}\right) = 10\lg\left(\frac{S_1}{S_0}\right), \partial Б \quad (2)$$

Получили интересный для практики результат: общая звукоизоляция преграды R при малой площади сквозного отверстия с $R_0 = 0$ и большой звукоизоляции основной преграды R_1 зависит только от отношения площади отверстия к площади преграды без отверстия и не зависит от звукоизоляции преграды. При большом отверстии она, естественно, равна нулю. Очень часто звукоизоляция, например, окон или кожухов машин определяется именно щелями и потому при разной звукоизоляции преграды практически оказывается одинаковой.

Для малого акустического отверстия при $\frac{S_0}{S_1} << 1$, $R_0 = 0$ и большой звукоизоляции R_1 формула влияния акустического отверстия принимает вид:

$$\Delta R_0 = 10\lg\left[\frac{1 + \varphi \frac{S_0}{S_1} 10^{\frac{R_1 - R_0}{10}}}{1 + \frac{S_0}{S_1}}\right] \quad (3)$$

Здесь φ — безразмерный экспериментальный коэффициент, учитывающий увеличение прохождения звука в условиях диффузного звукового поля. Он зависит от величины отверстия и от частоты; его значения могут составлять от 3 до 10. Если, например, принять для малого отверстия $\frac{S_0}{S_1} = 0{,}001$, звукоизоляцию без отверстия $R_1 = 30 \partial Б$ и коэффициент $\varphi = 4$, то уменьшение звукоизоляции от отверстия составит примерно $\Delta R_0 = 7 \partial Б$ и, таким образом, звукоизоляция пластины будет уже порядка $R = 23 \partial Б$. В расчетах звукоизоляции пластин с запасом на незнание рекомендуется принимать этот коэффициент: $\varphi = 10$.

Рассмотрим в качестве иллюстрации один из результатов экспериментального исследования влияния акустических отверстий на звукоизоляцию преграды, проведенного автором [1, 2]. Измерения звукоизоляции проводились в звукомерных камерах реверберационным методом по международному стандарту ISO 140 [1].

В данном случае опыт состоял в определении влияния на звукоизоляцию дюралюминиевой пластины размерами 1000 на 1100 мм^2 и толщиной 3 мм сквозных отверстий равной площади $S_0 \approx 10\ см^2$, но выполненных по-разному: а) в виде одного большого отверстия диаметром 36 мм в центре пластины; б) в виде 16 малых отверстий диаметром 9 мм, расположенных по пластине равномерно; в) в виде щели шириной в 1 мм и длиной 1000 мм в центре пластины, расположенной параллельно более короткой стороне пластины. На рис. 1 показаны частотные зависимости звукоизоляции пластины без отверстий и с указанными отверстиями при одинаковом отношении $\frac{S_1}{S_0} \approx 1000.$

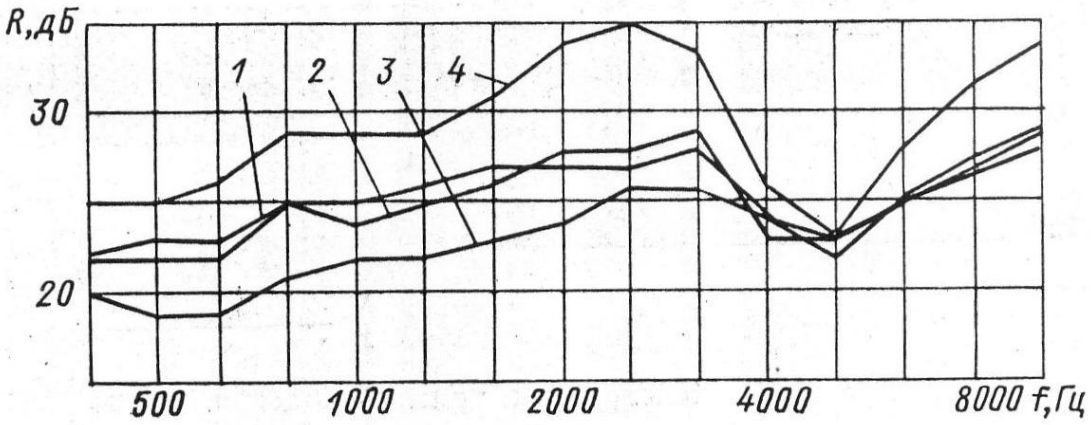

Рисунок 1. Частотные зависимости звукоизоляции пластины с разными отверстиями одинаковой площади и без отверстий

1 – одно большое отверстие, 2 – 16 малых отверстий, 3 – щель, 4 – без отверстий

Из рисунка видно, что, во-первых, акустические отверстия существенно ухудшают звукоизоляцию в широком диапазоне частот; во-вторых, на высоких частотах щель и круглые отверстия равной площади ухудшают звукоизоляцию на одну и ту же величину (эффект большого отверстия), на средних частотах щель ухудшает звукоизоляцию больше, чем точечные отверстия (эффект сочетания малого и большого отверстия); в третьих, на средних частотах одно отверстие диаметром 38 мм и 16 отверстий диаметром 9 мм равной площади уменьшили звукоизоляцию пластины практически одинаково (эффект большого отверстия). В районе критической частоты ($f_{KP} \approx 4000 Гц$) звук проходит через пластину и отверстия примерно с равной интенсивностью, то есть $R_1 - R_0 \approx 0$, и поэтому для большого отверстия $\Delta R_0 \approx 0$. По формуле для малого отверстия для $\frac{S_1}{S_0} \approx 1000, R_1 \approx 30, \varphi = 4$ имеем $\Delta R_0 \approx 7 дБ$, что удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

Напомним бытующее в науке и, как показано выше, не лишенное основания мнение американских инженеров-акустиков [3]: ничто так не ухудшает звукоизоляцию преграды, как отверстия — образно говоря, «если вы сделали очень хорошую звукоизоляцию комнаты, но оставили открытой замочную скважину, то все ваши усилия по обеспечению тишины могут быть тщетны» (известный американский инженер-акустик А. Сэбин).

Отрицательное влияние *сквозных* акустических отверстий на звукоизоляцию конструкций должно быть устранено надежной *герметизацией*. Выполнение этого требования объясняет, например, широкое применение так называемых звукоизолирующих стеклопакетов, где основной эффект достаточно большой звукоизоляции определяется именно хорошей герметизацией окна. Требование по ликвидации акустических отверстий должно выполняться неукоснительно и во всех других необходимых для хорошей звукоизоляции обстоятельствах. По крайней мере, если все участки конструкции будут иметь одинаковую звукоизоляцию, то ухудшение защиты от шума по причине акустических отверстий точно не будет. К этому очевидному, но иногда трудновыполнимому условию максимально возможной в данном случае звукоизоляции надо стремиться всегда. Окончательное слово здесь остается за результатами измерения звукоизоляции [1].

Главный санитарный врач Москвы Николай Филатов в «Российской газете» от 21 января 2008.г. заявил, что за последние 10 лет из-за лишних децибел в городе в 2-3 раза возросло количество сердечнососудистых заболеваний и гипертонии, и что излишне громкие звуки даже сокращают на 8-12 лет продолжительность жизни москвичей. Столичные власти обеспокоены: почти 70 процентов территории Москвы находятся в зоне

шумового дискомфорта. Не лучше обстоит дело и в других городах России и мира. Поэтому обеспечение надежной звукоизоляции людей в жилых, общественных и промышленных зданиях, в том числе и за счет ликвидации опасных акустических отверстий в строительных конструкциях, продолжает оставаться актуальным вопросом.

Литература

1. Международный стандарт по измерению звукоизоляции

ISO 140-1:1997	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 1. Требования к лабораторному испытательному оборудованию с подавлением побочных путей распространения звука
ISO 140-1.1997/ Amd 1.2004	Specific requirements on the frame of the test opening for lightweight twin leaf partitions	Изменение 1. Частные требования к каркасу испытательного проема для легких двухслойных перегородок
ISO 140-2:1991	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 2: Determination, verification and application of precision data	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 2. Методы получения, подтверждения и применения информации о точности измерений
ISO 140-2:1991/ Cor 1.1993	Installation guidelines for lightweight twin leaf partitions	Руководство по установке легких двухслойных перегородок
ISO 140-3:1995	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 3. Лабораторные измерения звукоизоляции элементами зданий
ISO 140-4:1998	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 4. Измерение звукоизоляции между помещениями в реальных условиях
ISO 140-5:1998	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 5. Измерение звукоизоляции фасада здания и его частей в реальных условиях
ISO 140-6:1998	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 6. Лабораторные измерения звукоизоляции ударного шума полами
ISO 140-7:1998	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 7. Измерения звукоизоляции ударного шума полами в реальных условиях
ISO 140-8:1997	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 8. Лабораторные измерения ослабления передачи ударного шума напольным покрытием на тяжелом полу
ISO 140-10:1991	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 10: Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 10. Лабораторные измерения звукоизоляции воздушного шума малыми элементами конструкций

ISO 140-11.2005	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 11. Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact sound by floor coverings on lightweight reference floors	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 11. Лабораторные измерения ослабления передачи ударного шума напольными покрытиями по облегченному полу
ISO 140-14:2004	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 14: Guidelines for special situations in the field	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 14. Руководство по проведению измерений в особых полевых условиях
ISO 140-16:2006	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 16: Laboratory measurement of the sound reduction index improvement by additional lining	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 16. Лабораторные измерения повышения звукоизоляции за счет дополнительной облицовки
ISO 140-18:2006	Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 18: Laboratory measurement of sound generated by rainfall on building elements	Акустика. Измерение звукоизоляции в зданиях и элементов зданий. Часть 18. Лабораторные измерения шума, возникающего от падения осадков на элементы зданий

2. Боголепов И.И. Строительная акустика. Общие профессиональные дисциплины в политехническом университете. Выпуск 2. / Под научной ред. Козлова В.Н. СПб., 2006.
3. Handbook of Noise and Vibration Control / Ed. Malcolm J. Crocker. N..Y.: John Wiley and Sons, 2007.

**Игорь Ильич Боголепов, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб. 297-59-49, 535-79-92

Эл. почта igor.bogolepov@mail.ru

Средняя квадратичная аппроксимация кривой депрессии (для случая плоской совершенной траншеи с вертикальными стенками)

Д.т.н., профессор ГОУ СПбГПУ В.Н. Бухарцев,
д.т.н., профессор ГОУ СПбГПУ М.Р. Петриченко,
магистр ГОУ СПбГПУ Н.В. Головкова*

Построение кривой депрессии в условиях плоской задачи о фильтрации в однородных грунтах возникает при решении многих инженерных задач гидротехнического строительства. Такая задача может быть связана с организацией поверхностного водопонижения в котловане при строительстве какого-либо сооружения, или при поддержании перепада уровней фильтрующей насыпью и т.д. Во всех этих задачах важно иметь представление о реальном положении депрессионной поверхности для оценки устойчивости грунтовых массивов, подверженных фильтрационному воздействию. Выход фильтрационного потока в открытое водное пространство (траншею, водоем) должен сопровождаться качественным изменением движения, выражающимся в данном случае скачком уровней – участком высачивания. В современных методах это философское положение не имеет отражения, что побудило авторов этой статьи предложить некоторое усовершенствование в этом вопросе, изложенное ниже на примере совершенной траншеи с вертикальными стенками.

1. Прямой метод минимизации главной функции

Уравнение неравномерного фильтрационного движения связано с неотрицательным функционалом, достигающим неотрицательного минимума в действительном движении:

$$F(h)=\int_0^X\left\{\left(\frac{dh}{dx}\right)^2+\left(i-i_f\right)^2\right\}dx\geq 0\,,$$

где X – длина потока.

Легко доказывается, что уравнение неравномерного движения представляет необходимое условие минимума для F(h); в равномерном движении F(h)=0. Иначе, значение F(h) в действительном неравномерном движении не больше, чем в любом допустимом неравномерном движении. Равномерное движение – наилучшее: значение функционала F(h) достигает точной нижней грани и не может быть уменьшено [1].

Решения уравнения неравномерного фильтрационного движения известны. Например, депрессионная кривая для притока воды к траншее не допускает вертикального живого сечения и приводит к конечной области питания траншеи. Среди функций, доставляющих минимум функционалу F(h), существуют отличные от решений уравнения Дюпюи. Будем минимизировать F(h) непосредственно, не решая уравнений Эйлера-Лагранжа. Пусть *i=0,* т.е. водоупор горизонтален. Навязываем следующее распределение глубины и уклона трения по длине потока:

$$h=H-\left(H-h'\right)\exp\left(-\alpha x\right),$$
$$i_f=i'\exp\left(-\alpha x\right),$$

где α — искомый параметр, H – напор грунтовой воды вне области влияния траншеи относительно водоупора, штрихом обозначены значения гидравлических переменных в створе x=0, совпадающем со стенкой траншеи. Так, h' – напор в сечении x=0, $h'=h_0+\Delta$, h_0- глубина воды в траншее, Δ — высота высачивания, $i':=i_f(0)$. Тогда:

1) F(h) достигает минимума, если $\alpha=\dfrac{i'}{H-h'}$;

2) распределение глубины потока определяется выражением

$$h(x)=H-\left(H-h'\right)\exp\left(-\frac{\xi}{2}\frac{H^2-h_0^2}{h'\left(H-h'\right)}\right),\quad \xi:=\frac{x}{L},\quad 0\leq\xi<\infty\,.$$

Здесь для расчета уклона трения использованы тождества $i' := \frac{q}{kh'}$, $q = \frac{k}{2L}\left(H^2 - h_0^2\right)$, т.е. расход сосчитан по Дюпюи, L – условная длина влияния траншеи. Следовательно, безразмерная глубина потока может быть аппроксимирована так:

$$\vartheta := \frac{H - h}{H - h'} = \exp\left(-\frac{\xi}{2}\frac{1-\eta_0^2}{\eta'\left(1-\eta'\right)}\right), \quad (1)$$

где безразмерные переменные $\eta' := \frac{h'}{H}$, $\eta_0 := \frac{h_0}{H}$, причем $0 \le \vartheta < 1$.

Аппроксимация по Дюпюи в этих же переменных:

$$\vartheta_D = \frac{1-\sqrt{1+\left(1-\eta_0^2\right)\xi}}{1-\eta_0}, \quad 0 \le \xi \le 1. \quad (2)$$

Сравнивая (1) и (2), видим, что «длина влияния» траншеи L возникает в (1) как мера близости безразмерного перепада на траншее ϑ к нулю. Например, пусть ε>0 – некоторая калибровка безразмерного перепада. Тогда $\vartheta < \varepsilon$, если $\xi > 2\frac{\eta'\left(1-\eta'\right)}{1-\eta_0^2}\ln\frac{1}{\varepsilon}$.

Далее, площади $S = \int_0^\infty \vartheta d\xi$, $S_D = \int_0^1 \vartheta_D d\xi$ изображают количества жидкости, поступающей из насыщенного пласта в траншею на единицу ширины пласта, см. рисунок 1. Тогда, полагая $S=S_D$, т.е. уравнивая площади «областей питания» в традиционном методе и в квадратичной аппроксимации, получим связь начальной глубины η' с глубиной воды в траншее η_0:

$$\eta' = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{12} - \frac{\eta_0}{6} + \frac{\eta_0^2}{3}}.$$

Выбираем знак перед радикалом так, чтобы при η_0 = 1 было η' = 1. Значит, необходимо брать верхний знак:

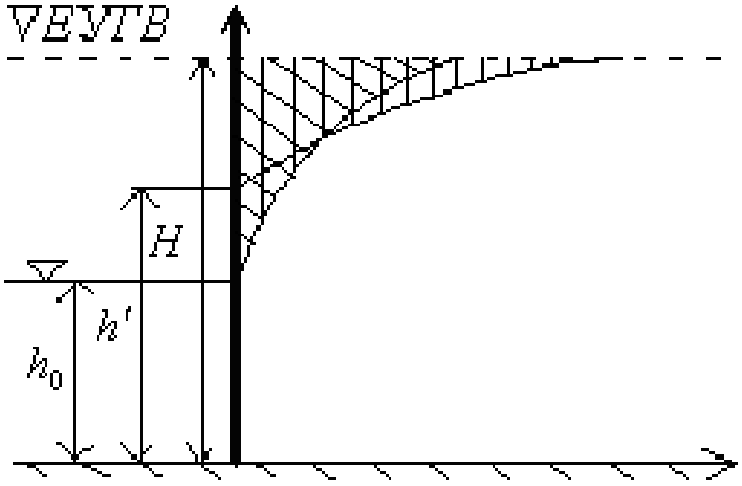

Рисунок 1. Схема к вычислению радиуса влияния траншеи

$$\eta' = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{12} - \frac{\eta_0}{6} + \frac{\eta_0^2}{3}}.$$

Высота промежутка высачивания:

$$\bar{\Delta} := \frac{\Delta}{H} = \frac{1}{2} - \eta_0 + \sqrt{\frac{1}{12} - \frac{\eta_0}{6} + \frac{\eta_0^2}{3}}.$$

Результаты расчетов приводятся на рисунке 2. Как видно, использование прямой минимизации F(h) позволяет решить основные задачи фильтрационного расчета траншеи, явно не прибегая к теории Дюпюи и не используя аппарата теории фуксовых групп.

2. Использование уравнения Лагранжа, второго рода

Плотность лагранжиана (главной функции) имеет вид:

$$\Lambda(h, h_1) := h_1^2 + \frac{q^2}{(kh)^2}, \quad h_1 := \frac{dh}{dx}.$$

Тогда необходимое условие минимума главной функции F(h) записывается в виде уравнения Лагранжа, второго рода: $\frac{d}{dx}\frac{\partial\Lambda}{\partial h_1} = \frac{\partial\Lambda}{\partial h}$ [2]. В данном случае:

$$2h_2 = -\frac{2q^2}{k^2h^3}, \quad h_2 := \frac{d^2h}{dx^2}.$$

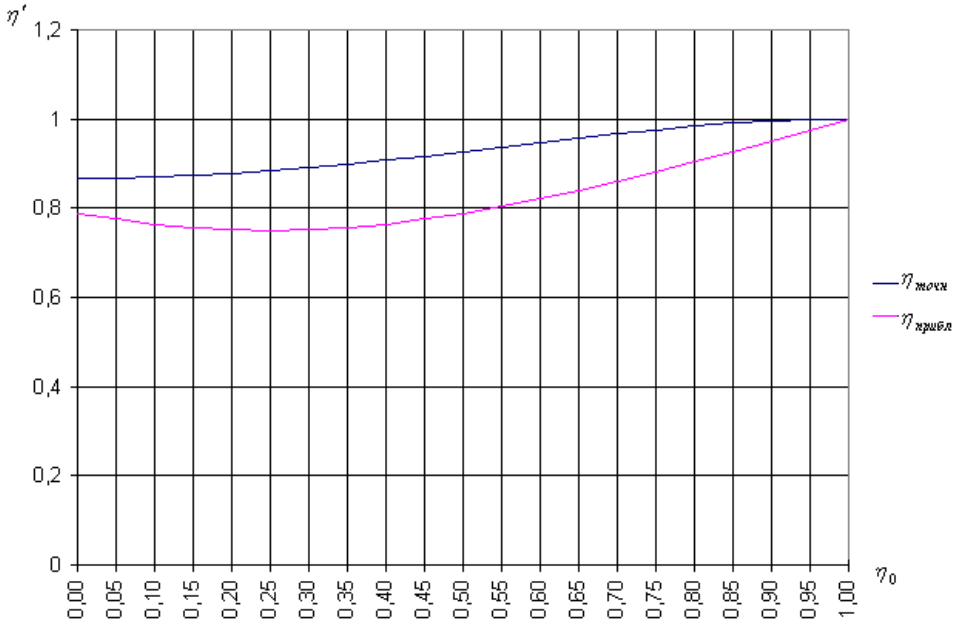

Рисунок 2.а. Высота выклинивания депрессионной кривой, как функция глубины воды в траншее

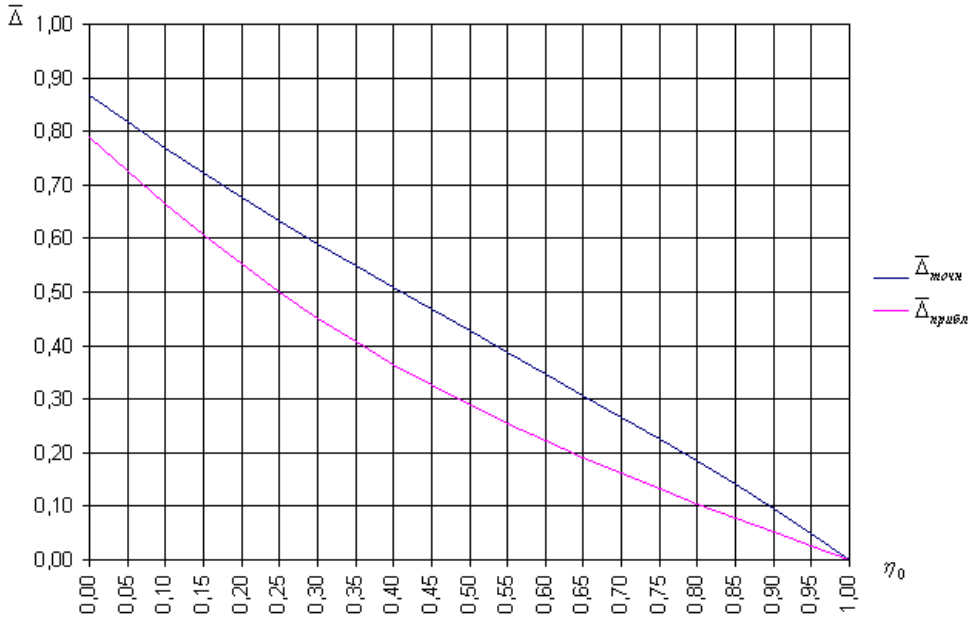

Рисунок 2.б. Высота промежутка высачивания, как функция от глубины воды в траншее

Граничные условия: $h(0)-h' = h_1(H) = 0$. Тогда:

$$\sqrt{1-\eta'^2} - \sqrt{1-\eta^2} = \frac{q\varsigma}{kH}, \quad \varsigma := \frac{x}{H} \in [0, \frac{R}{H}], \quad \eta := \frac{h}{H} \in [\eta' := \frac{h'}{H}, 1].$$

В отличие от решения Дюпюи, предлагаемое решение изображает депрессию, касающуюся естественного горизонта воды в сечении x=L, т.е. на удалении от траншеи, равном условной длине влияния. Итак, пусть x=L и расход исчисляется по Дюпюи. Тогда $\eta = 1, \sqrt{1-\eta'^2} = \frac{qL}{kH^2}$ и:

$$2\sqrt{1-\eta'^2} = 1-\eta_0^2,$$

$$\eta' = \sqrt{1-\frac{1}{4}\left(1-\eta_0^2\right)^2},$$

$$\overline{\Delta} := \eta' - \eta_0 = \sqrt{1-\frac{1}{4}\left(1-\eta_0^2\right)^2} - \eta_0.$$

Результаты расчета глубины потока в точке выклинивания депрессии и высоты промежутка высачивания показаны на рисунке 2 пунктиром. Результаты близки со средней квадратичной аппроксимацией, хотя в основу решений положены, на первый взгляд, разные соображения. На самом же деле, при использовании решения уравнения Лагранжа протяженность области питания траншеи принимается такой же, как и по Дюпюи.

Допустим, что мы отказываемся от допущения об одинаковой протяженности областей питания. Тогда, если h=H, то для длины влияния получим:

$$R = \frac{kH^2}{q}\sqrt{1-\eta'^2} = \frac{2L\sqrt{1-\eta'^2}}{1-\eta_0^2}.$$

И, наконец, если пренебречь высотой промежутка высачивания ($\eta_0 = \eta'$), то:

$$R = \frac{2L}{\sqrt{1-\eta_0^2}},$$

где, как всегда, L – длина влияния по Дюпюи.

Изложенный прием легко распространить на случай совершенного колодца. При этом плоская задача заменяется осесимметричной.

Литература

1. Сборник научных трудов СПбГТУ, №475, СПб, 1998. С.140-144.
2. Картан Анри. Дифференциальное исчисление. Дифференциальные формы. М., 1971.

**Наталья Владимировна Головкова,*

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,

Тел. раб. 535-79-92, эл. почта golovkova17@mail.ru

Автоматизация формирования сводной ведомости материалов при проектировании железобетонных конструкций

Инженер Д.В. Руденко*, инженер Е.О. Самохвалова

Согласно ГОСТ 21.501-93, во всех проектах железобетонных конструкций должна присутствовать сводная ведомость расхода стали (табл. 1), а также должен быть указан расход бетона и других материалов, используемых в проекте. По этим данным подрядные организации заказывают материалы и определяют стоимость строительства.

Таблица 1. Пример заполнения ведомости расхода стали, кг

Марка элемента	Изделия арматурные							Изделия закладные								
	Арматура класса						Всего	Арматура класса			Прокат марки					Всего
	A-III				Вр-I			A-III			ВСт3кп2					
	ГОСТ 5781-82				ГОСТ 6727-80			ГОСТ 5781-82			ГОСТ 103-76			ГОСТ 8510-86		
	∅6	∅8	∅10	Итого	∅5	Итого		∅16	∅20	Итого	5×14	5×16	Итого	L75×50×5	Итого	
2БФ6--2AIVa	4,7	-	9,3	14,0	4,0	4,0	18,0	25,1	-	25,1	5,5	13,8	19,3	40,3	40,3	84,7
2БФ6--5AIVa	-	4,7	2,0	6,7	7,1	7,1	13,8	30,6	15,3	45,9	2,8	-	2,8	45,3	45,3	94,0
2БФ6--9AIVa	4,7	-	8,7	13,4	4,0	4,0	17,4	41,2	15,8	57,0	3,2	-	3,2	38,1	38,1	98,3

Консерватизм конструкторов тормозит внедрение технологии информационного моделирования (BIM), чертежи выполняются с применением «электронного кульмана» — программы AutoCAD. Ввиду перехода от серийного строительства к индивидуальным проектам и нежелания архитекторов применять унификацию проекты резко усложняются.

Например, в проекте 20-тиэтажного жилого дома с подземной автостоянкой и встроенными помещениями на 1 этаже насчитывается 67 типов стен, 4 типа колонн и 6 типов балок. Для армирования этих конструкций было использовано 77 типов плоских каркасов, 75 типов пространственных каркасов и 4 типа закладных деталей. В проекте применялась арматура класса А240, А400, В500. Всего 9 различных типов арматуры, 1 тип листовой стали, бетон и утеплитель.

В результате, ручной подсчет и составление сводной ведомости расхода стали для секции жилого дома оказались достаточно трудоемкими. Тогда стала очевидной необходимость автоматизации процесса подсчета материалов. Для решения задачи была разработана «книга» в программе Microsoft Excel. В качестве исходных данных заполняются 4 матрицы.

1. Матрица арматурных и закладных изделий (т.н. КЖИ – это каркасы, закладные детали). В строках таблицы указываются марки КЖИ, в столбцах – применяемые диаметры арматуры разных классов, типы используемой листовой стали. Также часть столбцов отведена под бетоны разных классов и другие применяемые в проекте материалы. Матрица заполняется массами используемой в каркасах арматуры. Эти данные берутся из спецификаций на каждый элемент КЖИ. Размер матрицы по вертикали – количество марок КЖИ, по горизонтали – количество используемых в проекте типов материалов. См. рис. 1.
2. Матрица элементов конструкции (стены, колонны и т.п.). В строках таблицы указываются марки элементов, в столбцах – используемые марки КЖИ (взятые из матрицы 1). Матрица заполняется количеством примененных марок КЖИ для каждого элемента конструкции. Эти данные берутся из спецификаций на каждый элемент конструкции. Размер матрицы по вертикали – количество марок конструкций, по горизонтали – количество марок КЖИ. См. рис. 2.
3. Матрица дополнительного армирования элементов конструкции (распределительная и поддерживающая арматура, локальные усиления и т.п.). В строках таблицы указываются марки конструкций

	d8	d12	d16
Кп1	17,34		73,64
Кп2	4,08	11,84	
Кр1	1,02	5,92	
Кр2	2,95	3,80	
Кр3	2,85	3,38	
Кр4	4,19	5,32	
Кр5	3,73	4,62	
Кр6	2,43	2,84	

Рисунок 1. Матрица КЖИ

	Кп1	Кп2	Кр1	Кр2
Стм1		1	15	
Стм2		1	19	
Стм3		2	14	2
Стм4		3	22	
Стм5		3	15	
Стм6.1		9	13	
Стм6.2		6	23	
Стм7		2	1	

Рисунок 2. Матрица элементов конструкции

(взятые из матрицы 2), в столбцах – применяемые диаметры арматуры разных классов, бетон и другие материалы (взятые из матрицы 1). Матрица заполняется массами используемой дополнительной арматуры и объемами используемых материалов, таких как бетон и т.п. Так же, как и для матрицы 2, эти данные берутся из спецификаций на каждый элемент конструкции. Размер матрицы по вертикали – количество марок конструкций, по горизонтали – количество используемых в проекте типов материалов. См. рис. 3.

4. Матрица количества элементов конструкции. В строках таблицы указываются марки конструкций (взятые из матрицы 2), в единственном столбце – количество элементов определенной марки на весь проект. Эти данные определяются по спецификациям элементов маркировочных схем в проекте. Размер матрицы по вертикали – количество марок конструкций, по горизонтали – 1. См. рис. 4.

Для получения результирующей матрицы, имеющей вид, схожий с ведомостью расхода стали по ГОСТ, необходимо сначала умножить матрицу 2 на матрицу 1, затем к результату прибавить матрицу 3. Для получения сводной ведомости с учетом количества элементов надо каждую строку полученной матрицы умножить на значение в соответствующей строке матрицы 4 (рис. 5).

	d8	d12	d16
Стм1	43,2		
Стм2	51,2		
Стм3	44,2		
Стм4	67,2		
Стм5	51,2		
Стм6.1	72,8		
Стм6.2	83,2		
Стм7	22,4		

Рисунок 3. Матрица дополнительного армирования

	Кол-во
Стм1	30
Стм2	16
Стм3	1
Стм4	15
Стм5	43
Стм6.1	1
Стм6.2	15
Стм7	44

Рисунок 4. Матрица количества элементов

	Кол-во	d8	d12	d16							Бетон	ппс	Арматура
Стм1	30	1877,4	3019,2								84,0		4896,6
Стм2	16	1194,6	1989,1								54,4		3183,7
Стм3	1	72,5	114,2								3,1		186,7
Стм4	15	1528,2	2486,4								61,5	1,5	4014,6
Стм5	43	3630,9	5636,4								124,7		9267,4
Стм6.1	1	144,3	210,2								4,2		354,5
Стм6.2	15	2112,9	3278,4								78,0		5391,3
Стм7	44	1603,4	1552,3								22,0		3155,7
		12164,2	18286,2	0,0							431,9	1,5	30450,4

Рисунок 5. Сводная ведомость с учетом количества элементов

Один раз разработанная «книга» в программе Microsoft Excel позволяет значительно сократить время составления сводной ведомости, снизить вероятность ошибки. Производительность труда проектировщика при формировании сводной ведомости может увеличиться в 10 и более раз по сравнению с ручным подсчетом. Внесение изменений в проектную документацию не вызовет проблем с пересчетом сводной ведомости, достаточно только изменить значения в уже готовых матрицах на новые. Разработанная «книга» размещена в сети Интернет по адресу: http://ifolder.ru/10011263 Пример заполнения – по адресу: http://ifolder.ru/10011354

Оформление разработано таким образом, чтобы работать с таблицами было наиболее удобно. Ячейки таблицы, выделенные синим цветом, предназначены для заполнения исходными данными. Ячейки, значения в которых рассчитываются автоматически, выделены оранжевым. Цвета строк чередуются, что облегчает заполнение матрицы при большом количестве однотипных данных. Для таблиц сделаны «шапки», которые остаются неподвижными при перемотке таблиц по вертикали. Процедура перемножения матриц требует, чтобы все неиспользованные ячейки были заполнены нулями, но программными средствами это задача решена – ячейки можно оставлять пустыми.

Разработанная «книга» позволяет использовать в проекте до 200 типов марок КЖИ, 100 типов элементов конструкции, 9 типов арматуры и 2 типа других материалов (например, бетон и утеплитель). Если этого окажется недостаточно, любой опытный пользователь Microsoft Excel без труда разберётся с формулами и, при необходимости, внесёт изменения под свои конкретные задачи. Неиспользуемые столбцы и строки всегда можно сжать до нулевой толщины (см. табл. 5).

**Дмитрий Вячеславович Руденко, ООО «Фордевинд»,*

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Эл. почта: 3952800@gmail.com

Применение дисперсного армирования при строительстве гидротехнических сооружений

Доцент ГОУ СПбГПУ И.А. Войлоков*

Как известно, гидротехническое строительство являлось одной из ведущих отраслей строительного комплекса СССР. Основным конструкционным строительным материалом при возведении водоводов, дамб, мостов и тоннелей, гидроэлектростанций всегда являлся бетон. Несомненно, главные показатели гидротехнического строительства – это долговечность возводимых конструкций, их способность противостоять агрессивному воздействию водной, чаще морской среды. При строительстве сооружений или отдельных их частей, постоянно или периодически омываемых водой, наиболее часто используют гидротехнический бетон. Он является разновидностью тяжелого бетона и характеризуется повышенной водостойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, низким тепловыделением.

Бетон – один из самых сложных композиционных материалов, обладающий рядом уникальных свойств [1]. В последнем десятилетии прошлого века были разработаны высококачественные бетоны. Они стали результатом исследований в области синтеза прочности и повышения долговечности строительных композитов на основе более полного использования энергии портландцемента, создания оптимальной микроструктуры цементного камня, упрочнения контактных зон цементного камня и заполнителя за счет направленного применения различного рода химических модификаторов и высокодисперсных силикатных материалов. Важнейшей задачей в области бетонных работ является обеспечение гарантированного качества бетона с однородными свойствами в любом сечении конструкции. Как известно, свойства бетона – это функция многих параметров, среди которых, в первую очередь, проектирование состава, параметры, связанные с твердением цемента и зависящие, в свою очередь, от качества технологического передела. В таком направлении и надо рассматривать организацию каждого из них. Выбор состава бетонной смеси, а следовательно, и состава бетона, зависит не только от изготавливаемой конструкции, но и от условий производства работ. Для подбора состава бетона необходимы сведения не только о качестве материалов, но и о том, какие из них наилучшим образом будут соответствовать техническим требованиям, предъявляемым к материалам для заданной конструкции.

Гидротехнические бетоны, в отличие от бетонов промышленного и гражданского назначения, имеют ряд особенностей [2]. В зависимости от конструкции и размеров сооружений, расположения относительно уровней воды, массивности конструкций и назначаются требования к гидротехническим бетонам по водостойкости, водонепроницаемости, морозоустойчивости, прочности, солестойкости, удобообрабатываемости и сниженному тепловыделению.

В литературе [2] дается следующая классификация бетонов.

1. В зависимости от вида вяжущего бетоны разделяют на:

- цементные
- известковые
- гипсовые
- бетоны на органических заполнителях

2. По типу заполнителей бетоны делятся на:

- Особо тяжелые с плотностью больше 2500 кг/м^3. Для их изготовления применяют портландцемент, пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый цемент, гипсоглиноземистый расширяющийся цемент. В качестве заполнителей в особо тяжелых бетонах используют материалы с высокой плотностью: магнетит, гематит, барит, металлический скрап. В ряде случаев их изготавливают с применением металлической или пропиленовой фибры.

К заполнителям особо тяжелых бетонов предъявляют следующие дополнительные требования:

- минимальная прочность на сжатие чугунного скрапа – 200МПа, магнетита – 200 МПа, лимонита или гематита – 35 МПа, барита -40 МПа (испытания в цилиндрических образцах диаметром 50 мм, высотой 50 мм);
- содержание полуторных окислов в барите – не более 1% массы заполнителей;
- водопоглощение (% по массе) магнетита и барита 1-2, лимонита и гематита 9-10.

- Тяжелые бетоны с плотностью от 1800 до 2400 кг/м^3. Изготавливают, как правило, на гранитном заполнителе. Применяются при строительстве гидротехнических сооружений.
- Легкие бетоны с плотностью от 500 до 1800 кг/м^3. Они применяются для изготовления стеновых панелей или как утеплительный материал.
- Особо легкие с плотностью 500 кг/м3 (существует бетон с плотностью 10кг/м^3).

3. По месту использования и эксплуатации в гидротехнических сооружениях бетон разделяют на три вида.

- Бетон подводный – постоянно находится под водой. Как правило, этот бетон изготовляется на шлакопортландцементах, пуцоланових цементах, портландцементах. Также в него обязательно добавляют пластификаторы.
- Бетон переменного уровня воды – это бетон, подвергаемый наибольшему циклическому воздействию приливов и отливов. Он в обязательном порядке должен удовлетворять требованиям по морозоустойчивости. Готовится на портландцементах и шлакопортландцементах с обязательным применением пластифицирующих добавок .
- Бетон надводный – тот, который находится выше уровня воды . Этот бетон изготовляется на всех видах цемента.

4. В зависимости от массивности конструкций бетоны разделяются на две группы:

- Бетон внешней зоны. В зависимости от назначения конструкции и класса сооружений внешняя зона t = 1,5 –3,0 м.
- Бетон внутренней зоны, к которому предъявляются в основном требования по объемной массе. В особенно массивных конструкциях бетон внутренней зоны может быть заменен отсыпкой с уплотнением грунта или камня. В большинстве случаев бетоны внутренней зоны имеют марку ниже, чем бетон внешней зоны.

Гидротехнические бетоны должны обладать следующими свойствами.

1. Химической стойкостью, то есть бетоны должны противостоять химическим влияниям окружающей среды. С этой целью они изготовляются на сульфатостойких цементах с применением соответствующих добавок.
2. Водонепроницаемостью, которая характеризуется наибольшим давлением воды на бетон, при котором не наблюдается просачивания ее через образцы соответствующей формы (d = h = 152 мм), выдержанных t = 180сут.

   По водонепроницаемости бетоны разделяются на 5 марок: W2, W4, W6, W8, W12.
3. Морозоустойчивостью, которая характеризуется наибольшим числом циклов замораживания и оттаивания соответствующих образцов, выдержанных в нормальных условиях в течение 18 суток. При этом после испытаний потеря их прочности должна быть не более 15%. Замораживание должно проходить при t -15°С и ниже на протяжении 4 часов, а оттаивание при t 5-20°С на протяжении 4 часов.

По морозоустойчивости бетоны делят на 6 марок: F50, F100, F150, F200, F250, F300.

Одной из разновидностей тяжелых бетонов является фибробетон – бетон, армированный дисперсными волокнами (фибрами). Такой бетон представляет собой обычную смесь цемента, песка, крупного заполнителя и воды, дополненную определённым количеством стальных или других волокон (фибр). Иногда добавляется пластифицирующая добавка, чтобы улучшить обрабатываемость смеси. Дискретные волокна производятся из различных материалов – от полипропилена до стали, в различных конфигурациях, длинах и поперечных сечениях (см. табл. 1).

Для достижения наибольшей эффективности фибробетона как композита необходим правильный подбор и сочетание компонентов.

Самым эффективным материалом в этом плане, ввиду его относительной стоимости, является стальная арматура. Модуль упругости металла арматуры в 56 раз больше аналогичного показателя бетона, однако из-за того, что арматура достаточно хорошо анкеруется в теле бетона, ее прочность не может быть полностью использована, и вклад арматуры в работу самого материала как до, так и после образования трещин, не является оптимальным.

Если мы используем стальную фибру, то проблема с анкеровкой не стоит вовсе, так как анкернение фибры достаточно высокое. В отличие от проволочной сетки или арматуры, которая устанавливается в одной плоскости, стальная фибра одинаково распространяется по всей бетонной матрице (диспергирует). Стальная фибра выполняет множество функций в зависимости от пропорций, которые могут варьировать в пределах 15–120 кг/м^3. Одна из первоначальных функций – уменьшение микро- и макротрещин. Определяя трещины на начальной стадии их появления, стальная фибра препятствует их распространению.

При использовании традиционного стержневого пространственного армирования или проволочной сетки мы сможем предохранить бетон только от образования самых первых усадочных трещин, но не предотвратить их распространение.

Сегодня многие производители имеют и продают компьютерные программы, которые позволяют пересчитывать и применять определённые пропорции фибры для замены арматуры или арматурной сетки.

Одним из основных показателей фибры считается временное сопротивление разрыву, или, как его ещё называют, прочность на растяжение.

Основные свойства и показатели различных видов волокон приведены ниже в табл. 1.В зависимости от вида материала и способа изготовления мы имеем различные значения параметров и, как следствие, различные дозировки и способы применения.

Таблица 1. Свойства различных видов волокон для изготовления фибры.

Волокно	Плотность, г/см^3	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,90	400–700	3500–8000	10–25
Полиэтиленовое	0,95	600–720	1400–4200	10–12
Нейлоновое	1,10	770–840	4200–4500	16–20
Акриловое	1,10	210–420	2100–2150	25–45
Полиэфирное	1,40	730–780	8400–8600	11–13
Хлопковое	1,50	420–700	4900–5100	3–10
Асбестовое	2,60	910–3100	68 000–70 000	0,6–0,7
Стеклянное	2,60	1800–3850	7000–8000	1,5–3,5
Стальное	7,80	600–3150	190 000–210 000	3–4
Углеродное	2,00	2000–3500	200 000–250 000	1,0–1,6
Карбоновое	1,63	1200–4000	280 000–380 000	2,0–2,2
Полиамидное	0,90	720–750	1900–2000	24–25
Вискозное сверхпрочное	1,20	660–700	5600–5800	14–16
Базальтовое	2,60–2,70	1600–3200	7000–11 000	1,4–3,6

В строительстве наибольшее распространение получила стальная фибра. Собой Она представляет собой отрезки стальных волокон специальной формы и длины, в определённых дозировках (от 20 кг/м^3) добавляемых в бетонную матрицу для осуществления объёмного армирования.

В результате фибрового армирования создаётся композитный материал – сталефибробетон, обладающий рядом преимуществ перед неармированным бетоном и бетоном с традиционными видами армирования. Повышается:

- прочность на растяжение при изгибе – в 2-3 раза;
- прочность на сжатие – до 10-50 %;
- прочность на осевое растяжение – до 10-40 %;

- ударная прочность – в 8-12 раз;
- сопротивление истираемости – до 2 раз;
- трещиностойкость – в 2-3 раза;
- морозостойкость и водонепроницаемость – не менее чем на класс (что особенно актуально в гидротехнике).

Использование технологии фибрового армирования позволяет существенно снизить время выполнения и трудоёмкость работ за счёт отказа от вязки арматуры и укладки сеток, а в ряде случаев – сэкономить строительные материалы за счёт достижения проектных характеристик при меньшей толщине и/или металлоёмкости конструкций.

В гидротехническом строительстве фибровое волокно может применяться при возведении мостов: как в покрытиях, так и при бетонировании устоев, волноломов и ледоломов. Использование фибры повышает эксплуатационную надёжность, снижает трудоёмкость за счёт частичного или полного отказа от традиционного армирования, улучшает гидроизоляционные свойства. Позволяет армировать труднодоступные участки. Благодаря фибре существенно повышается долговечность и увеличиваются межремонтные интервалы. При литье больших бетонных массивов, таких как причальные стены, за счет применения фибры резко повышается устойчивость к трещинообразованию, образованию сколов и рытвин, удается получить более ровную поверхность, уменьшить количество швов и стыков, соответственно, существенно сэкономить на ремонте.

При армировании фиброй растет устойчивость к воздействиям внешней среды и сложным условиям эксплуатации, что особенно актуально при бетонировании зон переменного уровня воды. Понятно, что при определенных условиях изготовление стен не требует тотального армирования с помощью фибры, так как это было бы экономически невыгодно. Поэтому в качестве альтернативы можно рассматривать замену металлического шпунта на фибробетон. Это касается тех элементов гидротехнических сооружений, которые наиболее подвержены серьезным механическим нагрузкам. Это как ранее перечисленные сооружения, так и воронки гидроэлектростанций, сваи и шпунты, трубы водоводов.

Опыт развитых стран, таких как США, Великобритания, Германия, Франция и Австралия [3], убедительно показал технико-экономическую эффективность применения сталефибробетона в различного рода строительных конструкциях. В Северной Америке сталефибробетон широко применяют в дорожном и тоннельном строительстве, при строительстве морских нефтедобывающих платформ и плотин, а также в устройстве полов промышленных зданий, терминалов и т.п. Считается целесообразным применение сталефибробетона в каркасных конструкциях зданий, особенно при возможных сейсмических воздействиях [4].

Проведя анализ литературных данных, можно получить много свидетельств широкого применения монолитного сталефибробетона для временных крепей и сталефиброторкретбетона для обустройства тоннелей и других подземных сооружений, а также для ремонтных работ.

Наиболее интересными примерами применения сталефибробетона в этой области являются: конструкции перегонных тоннелей метрополитена в Осло (Норвегия), крепь гидротехнического тоннеля диаметром 2,34 м в Карсигтоне (Великобритания), тоннель Хеггура и газопроводные тоннели под дном Северного моря (Норвегия), железнодорожные тоннели в Канаде, коллекторные тоннели метрополитена в Гамбурге (ФРГ) и Лионе (Франция), автодорожный тоннель протяженностью 6,63 км на глубине до 1 км Энасан-2 (Япония).

В Австралии одной из основных областей применения сталефибробетона стало устройство покрытий с интенсивным движением людей и транспорта (полы цехов заводов и фабрик, прачечных, дорожные покрытия). При устройстве сталефибробетонных дорожных покрытий с интенсивным движением транспорта не требуется специальных дополнительных покрытий.

Сталефибробетон эффективен при устройстве набрызгбетонной и монолитной обделки тоннелей, берегозащитных и причальных сооружений [3]. Достаточно широко сталефибробетон применяется для выполнения ремонта обделки тоннелей, мостов, плотин, тонкостенных несущих конструкций.

Применение сталефибробетонных лотков для водоснабжения и водоотведения взамен типовых железобетонных позволяет полностью отказаться от использования арматуры, что дает экономию:

приведенных затрат – до 50%, трудоемкости изготовления – в 2 раза, бетона – в 2 раза, стали – до 15% [3]. Применение сталефибробетона в изделиях круглых колодцев (кольцах, плитах покрытий) позволяет снизить расход бетона по сравнению с аналогичными железобетонными конструкциями на 25-30% при примерно равном расходе стали. Стоимость сталефибробетонных конструкций снижается с 11 до 27%, а затраты труда – в среднем на 20%.

По данным НИИЖБ, применение сталефибробетона в безнапорных трубах диаметром 1000 и 1200 мм взамен типовых может дать экономию стали – до 50%, бетона – до 15%, трудоемкости – до 3 чел/час/м^3 [3]. Как показали испытания, несущая способность сталефибробетонных труб выше несущей способности типовых железобетонных труб 1,5-2 раза.

Установлено, что использование фибрового армирования в стыковом соединении монолитного железобетонного перекрытия с колонной уменьшает интенсивность образования наклонных трещин и отдаляет появление косых трещин, возникающих от действия перерезывающих сил, при этом достигается и уменьшение трудозатрат арматурных работ.

Установлена эффективность применения сталефибробетона для ремонта поверхности водосливов плотин и напорных тоннелей, индустриальных полов, наружных стен причалов.

Сталебетон в мировой практике занимает значительную долю в общем объеме используемого бетона, для чего налажено серийное производство стальных фибр порядка 350-400 тысяч тонн в год. При этом сталефибробетон не следует считать модификацией обычного бетона, так как это новый материал, обладающий соответствующими качественными и количественными свойствами.

За последние годы сталефибробетон получает все более и более широкое распространение в нашей стране. Несомненно, следующим этапом его развития и дальнейшего применения должно стать его широкое применение в гидротехническом строительстве, поскольку именно за счет применения данного композита мы можем повысить долговечность сооружений и улучшить их эксплуатационные характеристики.

Литература:

1. Себелев И.М., Русин С.П., Гуляев П.А. Получение и применение высокопрочных бетонов для ремонта гидротехнических сооружений // http://www.sibsems.ru/htm/beton_details.html
2. Гидротехнические бетоны // http://www.hidrotechnik.ru/lek2.html
3. Рахимов Р.З., Фибробетон – строительный материал XXI-го века // Экспозиция. Бетоны и сухие смеси, №2б(54). г. Н.Челны, 2008.
4. Волков И.В., Парышев Д.Н., Копырин В.И., Гордеев С. А., Болтанов М. А. Нормативное обеспечение индустриального применения сталефибробетона в строительстве // Строительный эксперт, №5/2007. М., 2007.
5. Войлоков И.А. Дисперсное армирование бетонов // Популярное бетоноведение, №6(20). СПб., 2007.

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

Тел. Моб. +7(921)944-52-99

Эл. почта ilya@voilokov.ru

Обобщенные критерии оптимального выбора технологий и машин

К.т.н., доцент ГОУ СПбГПУ Г.Я. Булатов*

И вся наша жизнь, по сути,
непрерывный выбор технологий и их осуществление

Единый критерий любого выбора суть пространство возможностей (B) выбираемого объекта должно быть больше или равно пространству предъявляемых к нему требований (T), т. е.

$$\boxed{\mathbf{B} \geq \mathbf{T}}. \quad (1)$$

Любой обобщенный критерий всегда может быть представлен в виде ряда частных составляющих критериев. Для выбора технологии их можно записать в виде четырехмерного пространства и его качественных характеристик (физических, экологических, социологических):

$$\left.\begin{array}{ll} \mathbf{I:} & X_B \geq X_T, \\ \mathbf{II:} & Y_B \geq Y_T, \\ \mathbf{III:} & Z_B \geq Z_T \end{array}\right\} \text{ – геометрические критерии,} \quad (2)$$

IV: Π_B (или $1/T_B$) $\geq n_T$ (или $1/T_T$) – критерий производительности (2а)

(или времени),

$$\left.\begin{array}{ll} \mathbf{V:} & КП_B \geq КП_T \text{ – критерий качества продукции (сооружения),} \\ \mathbf{VI.} & БР_B \geq БР_T \text{ – критерий безопасности работ,} \\ \mathbf{VII.} & ЭЛ_B \geq ЭЛ_T \text{ – критерий экологичности технологии,} \\ \mathbf{VIII.} & УТ_B \geq УТ_T \text{ – критерий устойчивости технологического процесса,} \\ \mathbf{IX.} & ЭС_B \geq ЭС_T \text{ – критерий эстетичности,} \\ \mathbf{X.} & ЭН_B \geq ЭН_T \text{ – критерий экономичности.} \end{array}\right\} \quad (3)$$

В известной мере эти критерии выбора можно рассматривать как основные (классические), однако их состав может быть всегда расширен за счет специфических требований, выставляемых, например, со стороны Заказчика (или Потребителя) продукции, а также для уточнения выбора.

Как известно, практической целью технологии как науки является: выбор метода технологии, разработка оптимальных технологических схем, выбор типа и числа строительных машин, необходимых для выполнения работ по объекту в заданные сроки и с требуемым качеством, при минимальной стоимости работ. Все вышеперечисленные критерии выбора технологии используются и при выборе строительных машин. При этом **геометрическое пространство возможностей** следует рассматривать как рабочую зону машины, а **пространство требований** – как технологический объем, в каждой точке которого должны быть выполнены все остальные критерии, обеспечивающие качество этого объема.

Одним из основных является критерий **качества продукции (сооружения)**, которое определяется всеми потребительскими свойствами и также оценивается с помощью всех приведенных выше универсальных критериев, но примененных уже к сооружению на всех стадиях его возведения и эксплуатации. Заметим здесь, что предела качеству изделий нет, но есть оптимальный необходимый уровень качества, соответствующий технико-экономическим возможностям общества на данном этапе его развития.

Все упомянутые критерии выбора, в зависимости от конкретных машин и условий, могут быть еще более детализированы. Так **критерий производительности** может быть представлен как эксплуатационной производительностью, так и технической или их составляющими: например, емкостью ковша (кузова), сохранностью продукции, циклом, грузоподъемностью, рабочими скоростями, мобильностью, временем перебазировки, монтажа и т. п. При этом выбор рекомендуется начинать с наиболее мощных и высокопроизводительных машин.

Критерий устойчивости (надежности, непрерывности) технологического процесса определяется и качеством машин, их новизной, надежностью, техническим состоянием, выработкой и т. п. Он может быть выражен также коэффициентом запаса в количестве машин

VIII-1: $K__ = N^c / N^p \geq [K__]$, (4)

где N^c – списочное (проектное) число машин,

N^p – расчетное число машин.

Устойчивость работы технологической цепи определяется оптимальным согласованием составляющих ее машин по их числу и мощности.

Безопасность можно разделить на таковую для оператора и для машины, а также на внутреннюю (собственную) и внешнюю, определяемую соответствующими коэффициентами надежности, безопасности, устойчивости, прочности, долговечности…

Экологичность оценивается степенью чистоты технологического процесса по отношению к окружающей среде и природе в настоящем и будущем.

Экономичность включает все приведенные показатели, а также характеристики машин: общая масса, масса движущихся частей, расходы топлива, других видов энергии...

Отметим, что при выполнении прочих критериев выбора условие экономичности, как правило, выполняется автоматически, поскольку это условие является синтетическим. И, конечно, требует проверки **критерий *времени*** выполнения работ, который обеспечивается лишь при условии максимальной загрузки машин.

Естественно, что все требования к машине можно разделить на жесткие и нежесткие. К жестким, например, геометрическим, относятся требования, которые должны быть выполнены безусловно точно (или строго). Однако, здесь следует заметить, что невыполнимых требований теоретически не существует.

К нежестким относятся требования, для которых допустимо лишь приближение к некоторой оптимальной величине.

Выбор типа машин для выполнения любого процесса определяется из принципа наибольшего соответствия данной машины условиям работы или наибольшего удовлетворения требований.

Поскольку выбор является многофакторным, то степень соответствия машины условиям ее работы можно оценить величиной

$$C_0 = \sum_{i=1}^{n} \frac{T_i}{B_i} q_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} q_i , \quad (5)$$

где q_i – относительная важность (весовой коэффициент) достижения удовлетворения данного требования.

Степень соответствия определяется при условии $B_i \geq T_i$, в противном случае следует принять обратные величины, например,

$$1/T_B \geq 1/T_T . \quad (6)$$

Наилучшее соответствие предполагается при $C_0 = 1$.

Приведенные условия позволяют провести сравнение вариантов различных типов и марок машин и выбрать лучший из них.

В случае невыполнения какого-то из критериев всегда существует два выхода:

1) увеличить ресурс возможностей (например, мощность машины),

2) снизить размер требований (например, технологического объема и т.п.).

Классификация и выбор кранов

1. По принципиальной схеме конструкции выделяют краны:
   1) стреловые,
   2) козловые,
   3) мостовые,
   4) мостокабельные,
   5) кабельные,
   6) башенные (с верхним и нижним противовесами),
   7) портальные…
2. По мобильности:
   1) стационарные,
   2) передвижные,
   3) переносные,
   4) самоходные,
   5) плавучие,
   6) подводные,
   7) летающие,
   8) космические…
3. По ходовому устройству:
   1) пневмоколесные,
   2) гусеничные ,
   3) автомобильные,
   4) тракторные,
   5) на рельсовом ходу,
   6) на плавучих платформах (понтонах)…
4. Типы стреловых кранов:
   1) с горизонтальной стрелой,
   2) с наклоняемой стрелой,
   3) с телескопической стрелой,
   4) с конвейерной стрелой,
   5) с трубопроводной стрелой,
   6) с концевой опорой стрелы (подставкой),
   7) с концевым вертолетным винтом (поддержкой стрелы),
   8) со стабилизацией башни винтами,
   9) с противовесом на прицепе-трайлере,
   10) со стабилизацией вакуумированием,
   11) с внешним автономным противовесом,
   12) с «анкерным» противовесом…

Как и конвейеры, трубопроводы и подъёмники, краны относятся к транспортирующим машинам, которые, в отличие от транспортных, сами при подъёме груза практически не перемещаются.

Основные **критерии выбора** остаются общими и приведены в части 1. Ниже раскрыты некоторые из них:

I: $R_{‰} \geq R = l_{р} = b_{ђ}/2 + \Delta b_{ђ} + a + B_{_""р}/N + \Delta l$, (1)

II: $\beta_{‰} \geq \beta = 2\pi$,(2)

III: $H_{‰} \geq H = h_{р} = H_{_""р} - H_{_•р} + h_{_р} + \Delta h + h_{‹р}$, (3)

при $H_{‰} = H_{‰}(R_{‰})$, см. рис. 7.2.1.

Здесь приняты обозначения:

$R_{‰}, H_{‰}, \beta_{‰}$ – соответственно возможные радиус вылета, высота подъёма крюка крана и угол поворота стрелы, т. е. некоторые граничные характеристики пространства возможностей машины,

R, H, β – требуемые дальности подачи груза по горизонтали, высоте (измеряемые до крюка) и углу поворота стрелы, т. е. пространство требований,

$b_{ђ}$ и $\Delta b_{ђ}$ – колея крана и выступание его габарита за колею с одного борта,

a и $B_{_""р}$ – расстояние от габарита крана до сооружения и его ширина,

N – требуемое число кранов (в первом приближении 1 – на блок, 2 – на сооружение),

Δl – запас вылета крюка, зависящий от конфигурации сооружения в плане, в частности, от его длины, определяемый графически,

$H_{\text{сооруж}}, h_{\text{гр}}$ и $h_{\text{стр}}$ – высоты сооружения, груза (с тарой) и стропов,

$H_{\text{стоянки}}$ – превышение уровня стоянки крана над основанием сооружения, включая высоту эстакады,

Δh – запас высоты подъёма груза с учетом возможных выступов опалубки, шатров и других устройств.

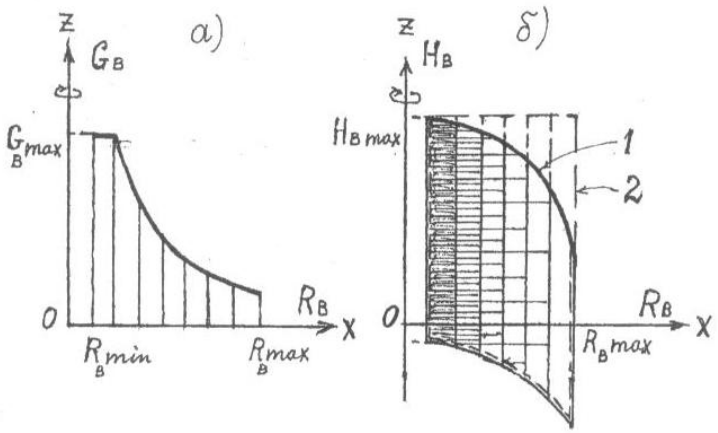

Рисунок 1. Пространство возможностей крана в зависимости от вылета крюка $R_{‰}$: а – грузоподъемности $G_{‰}$, б – высоты подъема крюка $H_{‰}$: 1 – для наклоняемой стрелы, 2 – для горизонтальной стрелы. Здесь густота штриховки характеризует качество пространства (в частности, грузоподъемность).

IV-1: $$\frac{1}{T_{‰_i}} \geq \frac{1}{T_i}, \qquad (4)$$

где T_i – затраты времени на подготовительные и непредвиденные операции (доставка крана, монтаж, перестановка, перебазирование, технический уход, ремонт, замена и т. п.).

IV-2: $$G_{‰} \geq G = G + G_{\text{тар}} + G_{\text{стр}}, \qquad (5)$$

$$v_{i‰} \geq v_i, \dot{v}_{i‰} \geq \dot{v}_i, \qquad (5а)$$

$$\frac{1}{\Delta X_{‰}} \geq \frac{1}{\Delta X} \qquad (5б)$$

при $G_{‰} = G_{‰}(R_{‰})$, см.рис. 1,

где $G_{‰}, v_{i‰}, \dot{v}_{i‰}$ – грузоподъёмность, скорость и ускорение движения крюка и крана на i -ом участке (с индексом «т» – их требуемые величины),

G – требуемая масса полезного груза,

$G_{\text{тар}}$ – масса тары,

$G_{\text{стр}}$ – масса стропов,

ΔX – величина отклонения подачи груза от проектной точки.

Здесь рекомендуется иметь в виду соотношение:

$G = mG_{\text{р}}$, (6)

где $G_{\text{р}}$ – масса груза на транспортном средстве доставки к крану,

m – кратность приема груза краном (0,5; 1,0; 2,0; …).

V: $ж_{C_{e_i}} \geq ж_{C_{T_i}}$ (7)

где K_{C_i} – степени сохранения груза как по количеству, так и по качеству, на всех операциях (загрузка, перенос, выгрузка).

VI: $K_{\acute{K}.‰.} \geq K_{\acute{K}..}$, (8)

где $K_{\acute{K}}$ – коэффициент запаса крана на опрокидывание с учётом уклона и деформируемости основания при неблагоприятном сочетании возможных нагрузок.

X: $\frac{1}{M_{‰}} \geq \frac{1}{M}$, (9)

$\frac{1}{q_{‰}} \geq \frac{1}{q}$, (9а)

$\frac{1}{m_{‰}} \geq \frac{1}{m}$, (9б)

где M и m – соответственно масса крана и его вращающихся частей,

q – удельный расход топлива (энергии).

Выбор автомобилей

Автомобили относятся к транспортным машинам, которые перемещаются вместе с грузом. Основные критерии выбора остаются общими. Наиболее близкими здесь являются приведённые выше критерии выбора кранов. Ниже приведены лишь специфические дополнения к ним.

III: $i_{‰} \geq i$, (1)

$\frac{1}{r_{‰}} \geq \frac{1}{r}$, (1а)

$\frac{1}{h_{‰}} \leq \frac{1}{h}$, (1б)

где i и r – уклоны и радиусы поворота пути,

h – мостовые, туннельные и другие путевые ограничения по габаритам, грузоподъемности и т. д.

IV: $Q_{‰} \geq Q$, (2)

$G_{‰} \geq G$, (2а)

при

$G = Q \cdot \rho$, (2б)

где Q, G и ρ – объем, масса и плотность груза.

При этом:

Q (или G) $= mQ'$(или G') . (3)

Здесь m – число принимаемых единичных грузов (ящиков, контейнеров, бадей, ковшей грунта, замесов бетонной смеси и т. п., подаваемых на один автомобиль).

Q' (или G') – объём (или масса) единичного груза.

Выбор технологий строительства каналов в выемке и насыпи

Технология 1 (поперечное перемещение грунта бульдозерами) применяется на участке канала в выемке-насыпи, ограниченном по длине канала точками пересечения поверхности земли с основанием канала и с гребнем дамбы.

Граница разработки выемки по глубине определяется поперечным уклоном $i_{‰} = 1/3 \ldots 1/4$, преодолеваемым бульдозером при транспортировании грунта со средней дальностью L_1 между центрами тяжести масс выемки и насыпи.

Доработку выемки канала здесь производят по **технологии 2** (поперечное перемещение грунта скреперами). При этом при наборе грунта скреперы перемещаются вдоль оси канала.

На примыкающих к рассмотренному участках канала используется **технология 3** (продольное перемещение грунта скреперами из выемки канала в насыпь дамбы). При этом длины участков выбираются из условий равенства масс грунта в выемке и насыпи и расстояния между их центрами тяжести, равного оптимальной дальности транспортирования грунтов скреперами.

Технология 4 (экскавация и перемещение грунта вдоль каналов автосамосвалами) применяется на участках, расположенных за участками работы скреперов. Разумеется, здесь может использоваться и конвейерный транспорт.

Технология 5 предусматривает выемку грунта и направление его в отвал непосредственно экскаваторами или с применением транспортных средств.

Технология 6 требует доставки грунта в дамбы канала из резерва или из ближайшего карьера.

Расстояния L_i перемещения грунта в различных технологиях зависят от условий строительства и выбираются оптимальными для соответствующих транспортных средств и траекторий их движения. Выбор машин производится на основании обобщенных критериев.

Основы расчета числа машин

Все машины в технологической цепи можно разделить на ведущие и ведомые. К звену **ведущих** отнесем машины, имеющие следующие признаки:

а) наиболее дорогие и сложные машины;

б) определяющие интенсивность работ;

в) стоящие в начале технологической цепи;

г) загруженные на полную мощность.

Машины ведущие – это, например, экскаваторы в земляных работах, смесители – в бетонных. Однако их выбор может быть всегда уточнен технико-экономическим сравнением вариантов. Машины в остальных звеньях цепи отнесем к **ведомым**. Поскольку число машин всегда является целым числом, то ведомые машины могут быть и недогруженными, т. е. их потенциальная производительность не может быть полностью использована.

В зависимости от конкретных условий проекта **расчетное число ведущих машин** можно определять различными методами:

I. – по интенсивности J' (или скорости) выполнения работ одной машиной

$$N^{p}_{‰ок} = J^{p} / J', \quad (1)$$

II. – по объему работ V', выполняемому одной машиной,

$$N^{p}_{‰ок} = V / V', \quad (1а)$$

III. – по продолжительности работ T', выполняемых одной машиной,

$N^{p}_{\%ok'} = T'/T^{p}$, (1б)

где $J' = n$ – эксплуатационная производительность одной машины,

$V' = W$ – выработка одной машины за срок строительства,

T' – время выполнения всего объема работ одной машиной.

Практически **расчетная интенсивность работ (поток)** определяется по выражению

$$\boxed{J^{p} = \frac{V}{T^{p}} K_{'Ьр}}, \quad (2)$$

где V – объем работ,

T^{p} – расчетная продолжительность их выполнения,

$K_{'Ьр}$ – коэффициент неравномерности интенсивности работ, учитывающий конкретные условия строительства и временной уровень рассмотрения (с, мин, час, смена...).

Проектное число ведущих машин принимается из следующих условий:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ N^{n}_{вщ} = E \text{ – целое число,} \\ 2)\ N^{n}_{вщ} \to N^{p}_{вщ} \text{ – т. е. стремится к расчетному, но может быть и} \\ \quad \text{больше и меньше его,} \\ 3)\ \boxed{N_{мин} \le N^{n}_{вщ} \le N_{макс}}, \\ 4)\ N^{n}_{вщ} \to N_{мин}, \end{array}\right\} \quad (3)$$

Из условия надежности технологического процесса

VIII-2: $N_{“Ц'} \to 2$. (3а)

Из условия возможности размещения машин

VIII-3: $N_{“ЄЂ–} \le \Phi/\Phi'$, (3б)

где Φ – возможный фронт работ на объекте (в любых измерителях),

Φ' – фронт, требуемый для эффективной работы одной машины.

При этом **проектный поток**

$$\boxed{J^{\bullet} = n_{\%ok'} \cdot N^{\bullet}_{\%ok'}} \quad (4)$$

и проектный срок строительства (с учетом коэффициента запаса)

$$\boxed{T^{\bullet} = \frac{V}{J^{\bullet}} \cdot K_{'Ьр} \cdot K_{Ќє\bullet}}. \quad (4а)$$

Расчетное число ведомых машин

$N^{p}_{\%o“} = J^{\bullet}/n_{\%o“}$ (5)

и проектное

$N^{\bullet}_{\%o“} \ge N^{p}_{\%o“}$ (5а)

при выполнении условий (3).

В заключение отметим, что недостаточное внимание к расчетам числа машин приводит к большим потерям времени и ресурсов.

**Георгий Яковлевич Булатов, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб. 297-59-49

Эффективность активации воды затворения углеродными наночастицами

Д.т.н., профессор ГОУ СПбГАСУ Ю.В. Пухаренко,
к.т.н., доцент ГОУ СПбГАСУ И.У. Аубакирова,
*аспирант ГОУ СПбГАСУ В.Д. Староверов**

Долгое время развитие технологии бетонов шло по пути изучения свойств и возможностей эффективного использования цемента и заполнителей. Меньше внимания уделялось исследованиям свойств воды затворения. Вместе с тем вода является равноправным участником формирования структуры цементного камня и бетона, а ее состояние и способ подготовки во многом определяют характер процессов гидратации и структурообразования цементных систем. Вода – единственный компонент цементных систем, инициирующий реакции для получения композитного материала.

Несмотря на элементарность химического состава, вода обладает довольно сложной структурой. Известно, что на образование молекулы H_2O в атоме кислорода используются два внешних электрона с 2p оболочки для соединения с атомами водорода. Два оставшихся электрона на 2p оболочке и два электрона на 2s образуют между собой пары и химически менее активны. Орбитали электронов на оболочках 2s и 2p гибридизируются таким образом, что четыре неспаренных электрона могут образовывать водородные связи с соседними молекулами воды (рис. 1 и 2).

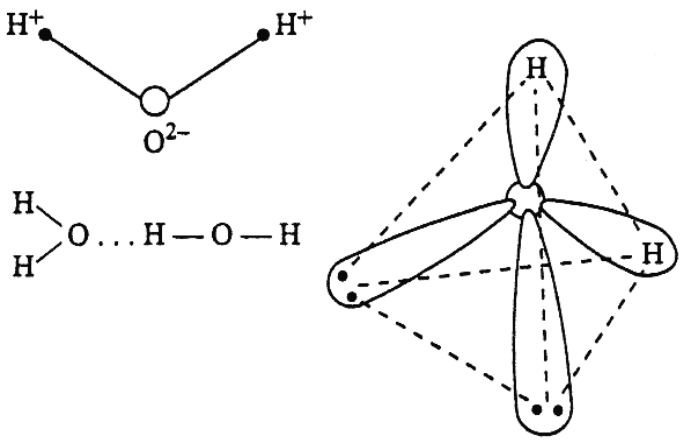

Рисунок 1. Конфигурация электронных облаков внешних электронов кислорода в молекуле воды

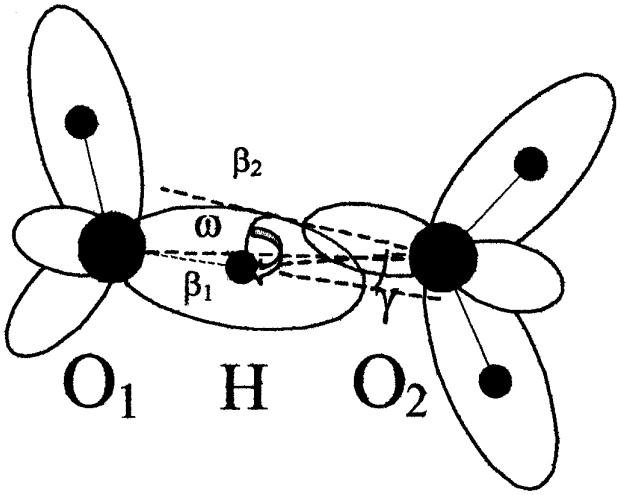

Рисунок 2. Взаимодействие двух соседних молекул воды и ориентация электронных орбиталей кислорода

Возникновение водородной связи в молекуле воды объясняется свойством атома водорода взаимодействовать с сильно электроотрицательным элементом – с кислородом другой молекулы. Такая особенность водородного атома обусловливается тем, что, отдавая свой единственный электрон на образование ковалентной связи с кислородом, он остается в виде ядра очень малого размера, почти лишенного электронной оболочки. Поэтому он не испытывает отталкивания от электронной оболочки кислорода другой молекулы воды, а, наоборот, притягивается и может вступить с ней во взаимодействие. Помимо электростатического взаимодействия для образования водородной связи необходимо также сочетание поляризационных эффектов, сил отталкивания и Ван-дер-ваальсовых сил, играющих важную роль в определении ее полной энергии [6, 18].

Проблема структуры воды вот уже более ста лет остается в центре внимания исследователей самых различных специальностей, так как до сих пор полностью не определено то качество, которое понимается под термином «структура жидкости».

Данные математического моделирования применительно к жидкой воде позволяют считать, что наиболее вероятной является однородно-континуальная модель воды с трехмерной «открытой» пространственной сеткой из молекул, содержащих искривленные и разорванные водородные связи [5]. Работы Г.Г. Маленкова [12] показали, что молекулы воды соединены водородными связями, образующими непрерывную трехмерную сетку. Ее характеризует наличие тетраэдрической упорядоченности в расположении частиц (рис. 3). Однако в работах по моделированию воды подчеркивается структурная

неоднородность сетки водородных связей, проявляющаяся в неравномерном распределении в пространстве молекул [11]. Трехмерная пространственная сетка водородных связей в жидкости принципиально отличается от аналогичных сеток в кристаллах, поэтому применение к ее описанию кристаллохимических понятий неприемлемо [15].

Подобного рода идею развивал и В.И. Яшкичев в рассматриваемой им модели коллективного движения молекул H_2O, связанных в трехмерную сетку с тетраэдрическим направлением водородных связей [21]. Основной характеристикой движения молекул в воде является трансляционное их движение и наличие разорванных водородных связей. В этом случае структура воды может рассматриваться как трехмерная сетка с изогнутыми, растянутыми и частично разорванными водородными связями. Коллективное движение молекул в такой сетке стремится сохранить их тетраэдрическую координацию.

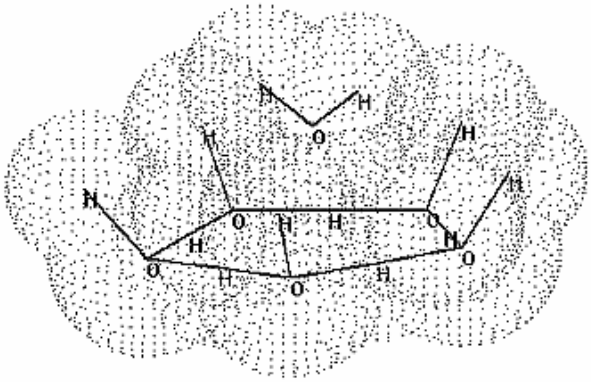

Рисунок 3. Схема непрерывной трехмерной сетки водородных связей

При этом наличие коллективного движения характеризует способность молекул воды образовывать кластеры – группы молекул $(H_2O)_x$. Под кластером обычно понимают группу атомов или молекул, объединенных физическим взаимодействием в единый ансамбль (рис. 4), но сохраняющих внутри него индивидуальное поведение [3, 17].

Необходимо подчеркнуть, что не всегда первостепенную роль играет структура чистой воды, в реальных условиях не существует так называемой «чистой» воды: в любой воде всегда присутствуют различные примеси, существенно влияющие на характер межмолекулярного взаимодействия. Поэтому в этом случае приходится иметь дело с водными растворами, и необходимо учитывать различные типы взаимодействия между компонентами. Но на фоне всего многообразия межмолекулярных сил, возникающих в водном растворе, все же существенную роль играет собственная структура воды.

Структурная модель воды, формируемая совершенными тетраэдрическими фрагментами из пяти молекул с образованием ветвящихся кластеров [3], позволяет объяснить многие аномальные её свойства, а также дает возможность изменять их путем внешнего воздействия.

С 60-х годов прошлого столетия разрабатываются и апробируются различные методы воздействия на воду затворения для изменения её собственной структуры и свойств.

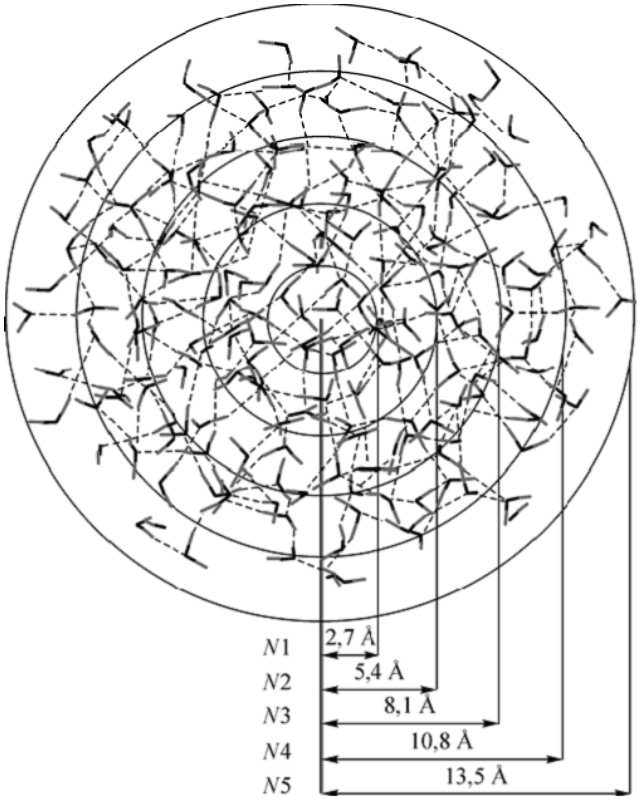

Рисунок 4. Кластер из 216 молекул воды с выделенными слоями толщиной 2,7 $\overset{0}{A}$

Такие виды воздействия можно условно разделить на несколько групп: физическое модифицирование (безреагентное), химическое модифицирование (реагентное) и их сочетание (комбинированное воздействие).

Необходимо отметить, что в данном случае под физическим и химическим модифицированием понимается направленное регулирование параметров цементных систем, происходящее на стадии взаимодействия цемента с водой. При этом модифицированная вода обладает большей активностью вследствие изменения ионного состава, влияющего на величину pH, удельную электрическую проводимость и другие параметры. Это позволяет направленно воздействовать на процессы, происходящие в цементных системах.

К физической активации воды относят следующие виды воздействия: магнитная и электромагнитная обработка, механическая, термическая, акустическая, плазменная, разрядно-импульсная, электрохимическая и др.

Несколько подробнее остановимся на некоторых способах физической активации воды.

Магнитная обработка воды [7, 20] заключается в пропускании потока воды через магнитное поле. Анализ работ [1, 8, 13, 16 и др.], посвященных магнитной активации воды затворения бетонных смесей, свидетельствует, что прочность изделий, изготовленных с применением магнитоактивированной воды, статистически достоверно возрастает. Магнитная обработка воды затворения влияет на процесс твердения: изменяется скорость схватывания и пластическая прочность цементного теста; уменьшаются размеры цементных гранул; активизируется процесс гидратации. Затворение бетонных смесей магнитоактивированной водой интенсифицирует процессы растворения и гидратации цемента в ранние сроки твердения и ускоряет выделение более мелких кристалликов, что приводит к уменьшению пористости, повышению плотности и морозостойкости бетонов.

Технология магнитной активации воды затворения разработана сравнительно давно, но до сих пор широкого применения в строительстве не находит. Одна из причин заключается в проблеме получения стабильного уровня активации воды. Это приводит к изменчивости проявляющихся свойств воды и плохой воспроизводимости результатов.

Кроме того, вода, активированная магнитным полем, полностью теряет вновь приобретенные свойства за очень короткий промежуток времени в силу своих релаксационных характеристик. Аналогичным недостатком страдает и разрядно-имульсный метод активации воды [4, 9].

Следует признать приоритет электроактивации перед магнитной активацией, так как механизм влияния электроактивации хотя бы на феноменологическом уровне поддается логической интерпретации [10].

Существующие методики обработки воды электрическим полем позволяют в широких пределах изменять ее физико-химические свойства, насыщая ее до нужной концентрации электрическим зарядом.

Электрохимическая активация – технология получения веществ в метастабильном состоянии преимущественно из воды и растворенных в ней соединений посредством электрохимического воздействия с последующим использованием полученных метастабильных веществ в различных технологических процессах вместо традиционных химических реагентов. Электрохимическая активация – совокупность электрохимического и электрофизического воздействия на воду в двойном электрическом слое электрода при неравномерном переносе зарядов через ДЭС [2, 19].

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких часов повышенную реакционную способность. Так, например, наблюдается существенное изменение окислительно-восстановительного потенциала, связанного с активностью электронов в воде, электропроводности, pH и других параметров.

Однако существенным отрицательным фактором данного метода является сложность нахождения оптимальных режимов электрообработки (напряженность электрического поля, плотность тока, продолжительность обработки), которые, в свою очередь, зависят от множества других параметров (свойства используемых материалов, физико-химические характеристики исходной воды, температура среды и пр.). Их можно определить только экспериментальным путем в заводских условиях, т.е. в каждом конкретном случае они будут меняться, что значительно снижает возможность широкого распространения описанного метода активации.

Общими недостатками всех физических методов являются трудность определения количественных параметров, характеризующих степень активации водной среды в производственных условиях, необходимость дооснащения технологических линий специальным оборудованием для активации воды, переработки технологических регламентов и пр.

Проведенный анализ использования химических модификаторов (добавок) в строительстве показывает, что наибольший удельный вес принадлежит пластификаторам и суперпластификаторам. Применение последних позволяет снизить водопотребность бетонной смеси на 23-26% и сократить расход вяжущих, значительно повысить прочность бетона и применить при возведении бетонных и железобетонных конструкций литые самоуплотняющиеся и не расслаивающиеся бетонные смеси. Отрицательной стороной использования добавок в бетонах является совместимость их с цементами и существенное повышение стоимости конечного продукта.

С развитием нанотехнологий возникают новые возможности влияния на структуру и свойства воды, появляется возможность целенаправленного управления процессом структурообразования и свойствами

цементных композитов, представляющих собой сложную иерархическую систему, включающую и наноуровень.

Так, с 2005 г. на кафедре «Технология строительных изделий и конструкций» СПбГАСУ в содружестве со специалистами других вузов, научных и производственных организаций проводятся исследования по модифицированию воды затворения углеродными фуллероидными наночастицами [14]. На данный момент подана заявка на патентование новой технологии, и до получения патента мы не считаем целесообразным открыто публиковать названия наночастиц, используемых в исследованиях.

Предлагаемый способ модифицирования (активации) воды затворения позволяет за счет сокращения расходов дорогостоящих компонентов (цемента и добавок) снизить себестоимость бетона, при этом физико-механические свойства конечного продукта не ухудшаются.

Проведены эксперименты по определению свойств воды при специфическом действии на неё углеродных наночастиц (наномодификатора — Н.М.) В экспериментальных исследованиях использовались фуллероидные материалы с размером частиц от 20 до 200 нм. Рабочие составы суспензии были изготовлены специалистами ООО «СтройБетонСервис».

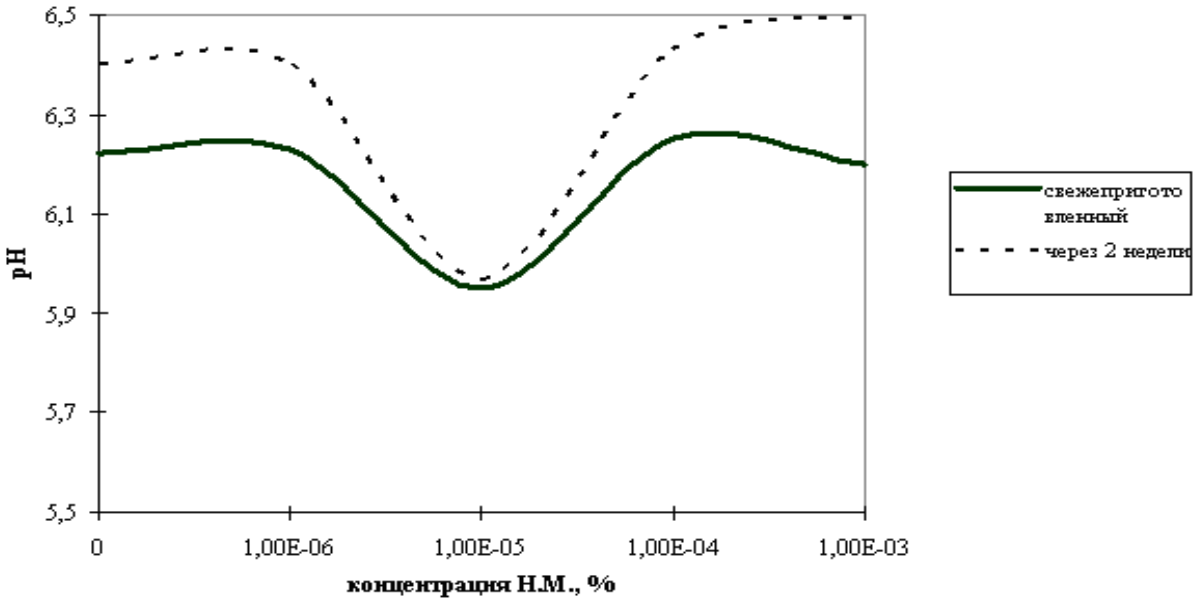

Рисунок 5. Изменение величины pH воды при введении наномодификатора

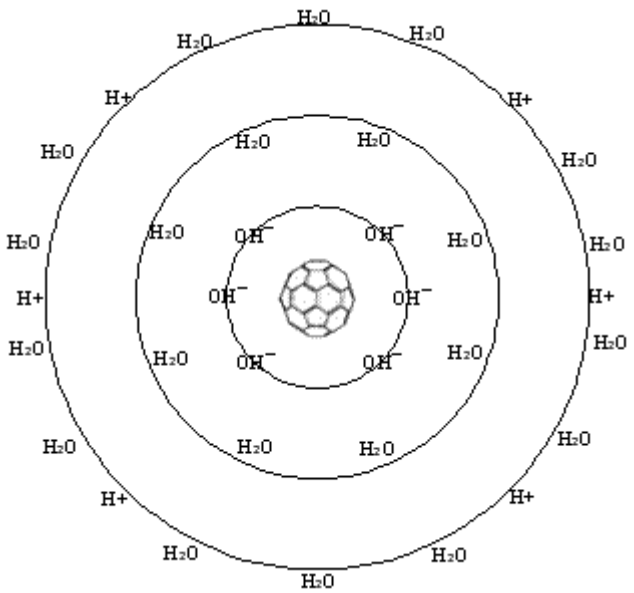

Рисунок 6. Ориентация молекул воды вокруг фуллерена C_{60}

С целью исследования изменений воды при введении в нее углеродных кластеров определялся водородный показатель. Результаты измерений pH суспензии при различных концентрациях наномодификатора приведены на рис. 5.

Анализ полученных результатов показывает, что при введении в водную среду углеродных наночастиц происходит изменение величины водородного показателя: наблюдается сдвиг в кислотную область. Объяснить данный эффект можно только с позиций изменения ионного произведения воды, вызванного специфической сорбцией гидроксильных групп OH^- на поверхности введенных в жидкость углеродных наночастиц, сопровождающейся образованием ионов водорода H^+ и оксония H_3O^+ (рис. 6).

Углубление данного процесса приводит к возникновению вторичной наноструктуры — фрактальной объемной сетки, которая располагается во всем объеме воды и локально изменяет концентрацию гидроксильных групп, что приводит к объемному изменению pH.

Выявленное подкисление суспензии благоприятно сказывается на особенностях реологии цементной системы и на процессах формирования цементного камня.

Анализ полученных результатов свидетельствует об изменении свойств цементных систем, приготовленных с использованием наноструктурированной воды, и позволяет сделать следующие выводы:

- при концентрациях наномодификатора в воде затворения в диапазоне 10^{-4}…10^{-6}%, соответствующих интервалу пониженных pH, имеет место некоторое удлинение сроков схватывания, увеличение подвижности цементного теста и сохраняемости его реологических характеристик во времени;
- наноструктурирование воды затворения не оказывает значительного влияния на размер пор и однородность их распределения в объеме цементного камня. Однако выявленное существенное снижение величины водопоглощения при капиллярном подсосе свидетельствует об увеличении объема условно замкнутых пор, недоступных проникновению воды.

Проведенные исследования физико-механических характеристик цементного камня выявили тенденцию к увеличению прочностных характеристик цементного камня в пределах 15-20% в зависимости от вида цемента, водоцементного отношения и других факторов в том же интервале концентраций наномодификатора.

Ранее в журнале «Популярное бетоноведение» (№3, 2008 г.) были рассмотрены некоторые особенности изменения характеристик бетонов, изготовленных на наноструктурированной воде затворения.

Литература

1. Арадовский Я.Л., Тер-Осипянц Р.Г., Арадовская Э.М. Свойства бетона на магнитнообработанной воде // Бетон и железобетон. №4, 1972. С. 32-34.
2. Бахир В.М. Электрохимическая активация. 2 ч. М., 1992.
3. Волошин В.П., Маленков Г.Г., Наберухин Ю.И. Выявление коллективных эффектов в компьютерных моделях воды // Журнал структурной химии. Том 48, №6, 2007. С. 1133-1138.
4. Гаркави М.С., Кузнецов А.Н. Использование разрядно-импульсного воздействия в технологии пенобетона // Материалы международной научно-практической конференции «Пенобетон – 2007». СПб, 2007. С. 65-68.
5. Дьяконова Л.П., Маленков Г.Г. Моделирование структуры жидкой воды методом Мронте-Карло // Журнал структурной химии. Т. 20, 1979. С. 854-861.
6. Зацепина Г. Н. Физические свойства и структура воды. – 2-е изд., перераб. М., 1987.
7. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М., 1978.
8. Королев К.М., Медведев В.М. Магнитная обработка воды в технологии бетона // Бетон и железобетон. №8, 1971. С. 44-45.
9. Кузнецов А. Н., Гаркави М. С. Влияние разрядно-импульсного воздействия на структурообразование и прочность цементного камня и бетона // Цемент и его применение. № 6, 2005. С. 44–45.
10. Леонов Б.И. Электрохимическая активация воды и водных растворов: прошлое, настоящее, будущее // Сб. трудов Первого международного симпозиума по электрохимической активации. М., 1997.
11. Лященко А.К., Дуняшев Л.В., Дуняшев В.С. Пространственная структура воды во всей области ближнего порядка // Журнал структурной химии. Том 47 [приложение], 2006. С. 36-53.
12. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды // Журнал структурной химии. Том 47 [приложение], 2006. С. 5-35.
13. Помазкин В.А. Физическая активация воды затворения бетонных смесей // Строительные материалы. №2 [приложение], 2003. С. 14-16.
14. Пухаренко Ю.В., Никитин В.А., Летенко Д.Г. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей // Строительные материалы – Наука. №8 [приложение к научно-техническому журналу «Строительные материалы». – 2006. – №9], 2006. С. 11-13.
15. Родникова М.Н., Чумаевский Н.А. О пространственной сетке водородных связей в жидкостях и растворах // Журнал структурной химии. Том 47 [приложение], 2006. С. 154-161.

16. Сизов В.П., Королев К.М., Кузин В.Н. Снова об омагниченной воде затворения бетона // Бетон и железобетон. №11, 1994. С. 25-27.
17. Тытик Д.Л. Молекулярные процессы в водном кластере // Журнал структурной химии. Том 48, №5, 2007. С. 921-925.
18. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды. Л., 1975.
19. Юдина А.Ф. Бетонная смесь на воде затворения, предварительно обработанной электрическим полем // Популярное бетоноведение. №5(7), 2005. С. 65-77.
20. Яшкичев В.И. К вопросу о влиянии магнитного поля на реакционную способность воды // Журнал неорганической химии. Т. 25, 1980. С. 327-331.
21. Яшкичев В.И. Трансляционное движение и состояние молекул воды в воде // Журнал неорганической химии. Т. 24, 1979. С. 275-281.

**Вадим Дмитриевич Староверов,*

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Тел. моб.: 8(911)261-26-53

Эл. почта: svd1303@yandex.ru

Климатические системы: влияние воздуха на организм человека

Коммерческий директор ООО «Кола» Л.Л. Гошка*

Гигиена окружающей среды [1] – это наука, которая изучает прямое воздействие на здоровье людей патогенных химических, радиационных, физических и некоторых биологических агентов, а также (часто косвенные) эффекты от состояния физической, психологической, социальной и эстетической среды. Проектировщик, создавая климатические системы, через различное оборудование меняет микроклиматические параметры и химический состав воздуха в помещении, т.е. на практике реализует воздействие на биохимические процессы в организме человека, и делает это так, как считает нужным. От того, какой воздух он подготовит, будет зависеть реакция организма на это воздействие (рис. 1). Если проектировщик при расчете климатических систем допустил ошибку, то организм конечного пользователя этих систем будет за счет внутренних резервов компенсировать его ошибки. Но эти резервы не безграничны, а значит, неправильная работа проектировщика может повышать количество «недожитых лет» жизни [2] этого человека. Для ограничения действий проектировщика существует определенная нормативная база, которая, теоретически, должна предотвращать такие ошибки.

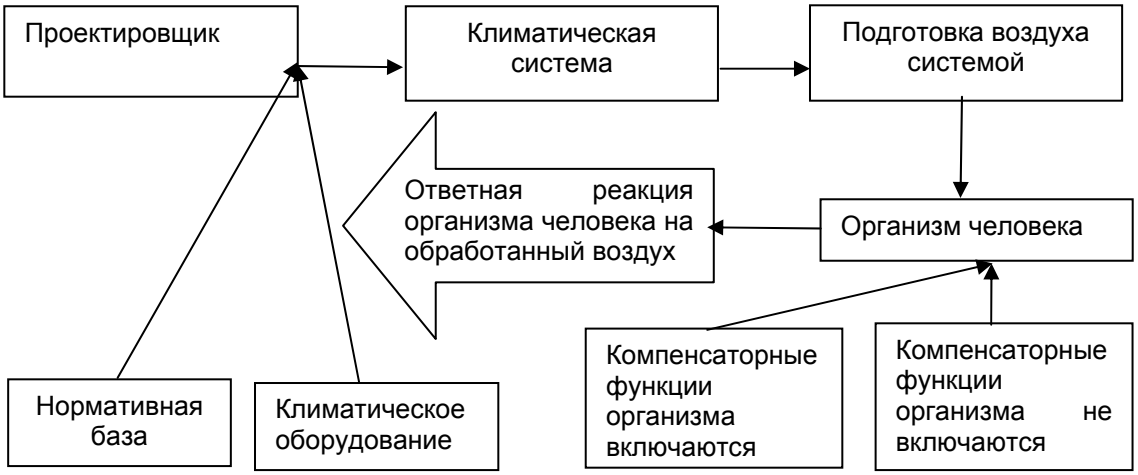

Рисунок 1. Схема деятельности проектировщика и влияние результатов этой деятельности на организм конечного пользователя климатической системы

Если рассматривать эту проблему с позиции биогеохимической теории [3], то причиной возникновения многих заболеваний костно-суставной системы человека является дисбаланс экзогенно (извне) поступающих в организм макро- и микроэлементов. Считается [4], что характерным признаком жизненной необходимости в элементе является колокообразный характер кривой (рис. 3), построенной в координатах «ответная реакция организма – доза элемента».

В общих принципах адаптации организма в биоэкологии [5] для различных факторов внешней среды, таких как температура, вода и минеральные соли, химический состав воздуха и газообмен, свет и т.д., используется правило оптимума. Количественное выражение (доза, интенсивность воздействия) фактора, соответствующее потребностям организма и обеспечивающее наиболее благоприятные условия для его жизни, рассматривают как оптимальное. На шкале количественных изменений фактора диапазон колебаний, соответствующий указанным условиям, составляет зону оптимума (рис. 2). Зоны количественного выражения фактора, отклоняющегося от оптимума, но не нарушающего жизнедеятельность организма, определяются как зоны нормы. Дальнейший сдвиг в сторону недостатка или избытка фактора неизбежно снижает эффективность действия адаптивных механизмов. Это состояние соответствует зоне пессимума. Наконец, за пределами этих зон жизнь невозможна.

Ту же зависимость мы видим при воздействии биогенных элементов на организм человека. 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 ($[Sr^{2+}]$ в зоне оптимума, где $C^{н}_{бзк}$ – нижняя граница зоны, а $C^{в}_{бзк}$ – верхняя граница зоны). Данная концентрация биогенного элемента, при которой организм функционирует в норме, называется биологически значимой концентрацией (БЗК). Дальнейшее увеличение дозы приводит к ухудшению функционирования организма ($C^{в}_{бзк}<[Sr^{2+}]<C^{в}_{допуст}$) вследствие токсического действия избытка этого элемента вплоть до летального исхода ($C^{в}_{допуст}<[Sr^{2+}]$). Характерным примером данного процесса является реакция

организма человека на увеличение концентрации углекислого газа в крови человека: алкалоз (избыток щелочей в организме)→норма→ацидоз (избыток кислот и снижение pH в организме)→летальный исход.

Следовательно, как избыток элемента, так и его дефицит может наносить вред организму. Поэтому все живые организмы так или иначе, но реагируют как на недостаток, так и на избыток или неблагоприятное соотношение элементов.

Например, при среднесуточном потреблении стронция с пищей, водой и воздухом свыше 2 мг (сравните с ПДК) у человека повышается риск развития заболеваний костно-суставной системы.

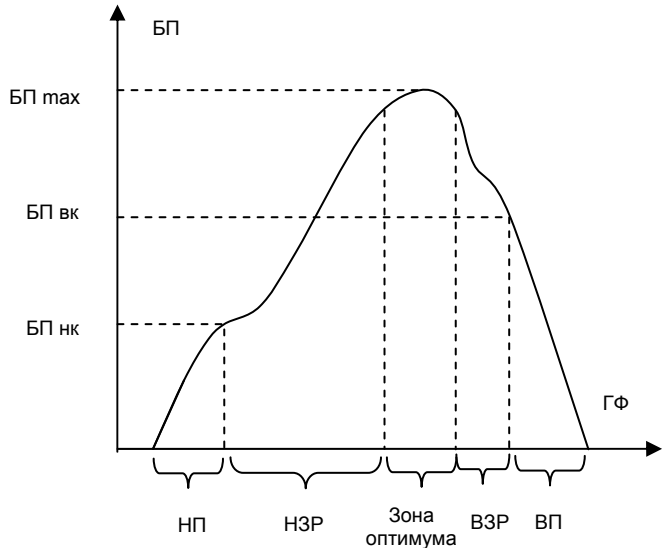

Рисунок 2. Область экологической потенции вида в градиенте фактора среды. Зависимость значения биотического потенциала вида (БП) (численность, размножаемость, расселение и т.п.) от градиента значений фактора среды (ГФ), например, температуры.

Нижний пессимум (НП) – зона нарушения жизнедеятельности низким значением фактора;

НК – нижняя критическая точка;

НЗР и ВЗР – соответственно нижняя и верхняя зоны регуляции, в пределах которых, несмотря на отклонение фактора от оптимальных значений, за счёт механизма экологической регуляции поддерживается нормальная жизнеспособность вида;

ВК – верхняя критическая точка;

Верхний пессимум (ВП) – зона нарушения жизнедеятельности высоким значением фактора.

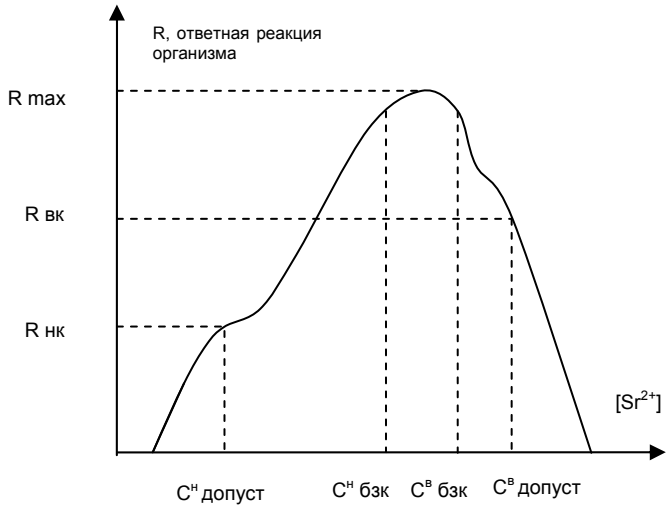

Рисунок 3. Зависимость реакции организма от дозы биогенного элемента поступившего в организм.

$C^{в}_{допуст}$ – верхняя критическая точка концентрации стронция.

$C^{в}_{бзк}$ – верхняя граница зоны биологически значимой концентрации стронция.

$C^{н}_{бзк}$ – нижняя граница зоны биологически значимой концентрации стронция.

$C^{н}_{допуст}$ – нижняя критическая точка концентрации стронция.

Предположим, что в герметичном помещении выделяется только одно химическое соединение (например, $Sr(NO_3)_2$). Кроме как с воздухом, это соединение может поступать в организм человека с пищей и водой. Схематично данный процесс можно изобразить следующим образом – см. рис. 4.

При поступлении в организм человека с воздухом, пищей и водой нитрат стронция ($Sr(NO_3)_2$) растворяется, а при диссоциации стронций может образовывать фосфаты, карбонаты, гидроксиды и другие соединения. Поэтому нитрат стронция является исходным реагентом биогенного элемента стронция (Sr^{2+}) в организме человека. Следовательно, концентрация биогенного элемента в организме человека будет зависеть от концентрации исходного реагента, т.е. нитрата стронция, в воздухе, пище и воде. Отсюда:

$$[Sr^{2+}] \sim f(C_{помещ}) \quad (1)$$

где $C_{помещ}$- концентрация нитрата стронция в воздухе помещения;

$[Sr^{2+}]$- концентрация ионов стронция в организме человека.

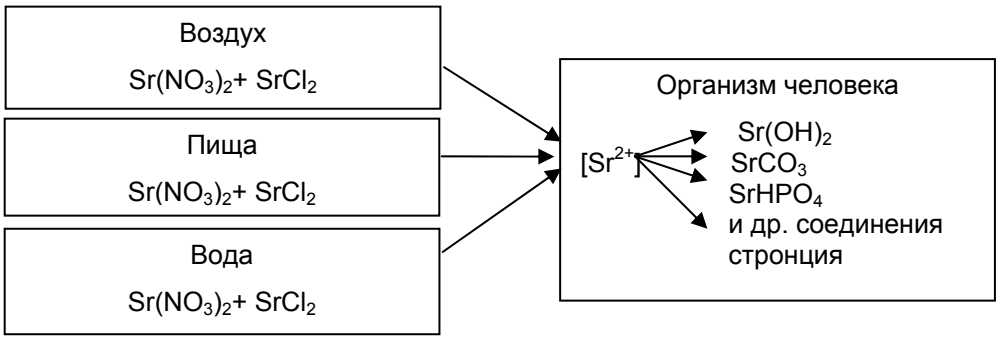

Рисунок 4. Поступление в организм человека химических соединений (на примере $Sr(NO_3)_2$) с воздухом, пищей и водой

В свою очередь, концентрация нитрата стронция в воздухе помещения может определяться расходом наружного воздуха (L, м^3/час):

$C_{помещ}$~f(L) (2)

Учитывая, что эта зависимость определяется двумя процессами: скоростью выделения нитрата стронция в воздух помещения и разбавлением этого соединения за счет расхода наружного воздуха, – проектировщику необходимо обеспечивать такой расход наружного воздуха (рис. 5), чтобы при поддержании в помещении концентрации нитрата стронция на уровне

$C^{/}_{помещ}$ ~f($L_{опт}$) (3)

обеспечивалось поддержание концентрации ионов стронция в организме

$[Sr^{2+}]^{/}$~f($C^{/}_{помещ}$) (4),

и при поддержании в воздухе помещения этой концентрации нитрата стронция ($C^{/}_{помещ}$) в организме человека будет выполняться условие

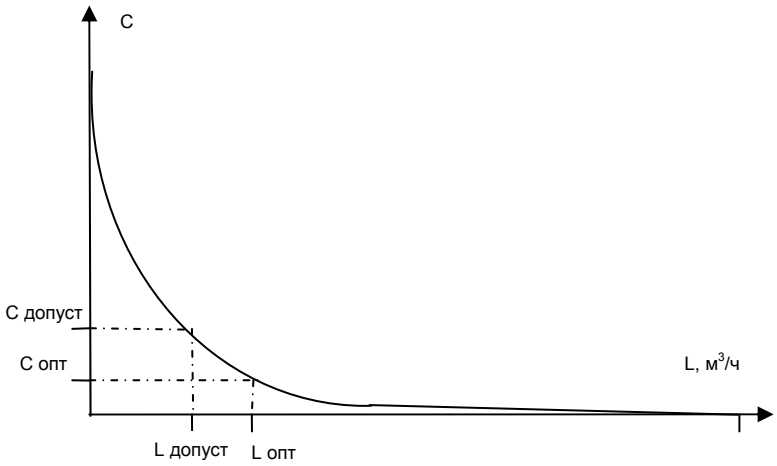

Рисунок 5. Зависимость концентрации нитрата стронция в воздухе помещения (C) от расхода наружного воздуха (L)

$C_{бзк}$=$[Sr^{2+}]^{/}$ (5)

Тогда это значение концентрации нитрата стронция в помещении можно принять за оптимальное значение по воздухообмену в помещении $C_{опт}$ = $C^{/}_{помещ}$ (6).

Таким образом, биологически значимая концентрация биогенного элемента (в нашем случае стронция) будет определять значение оптимального расхода наружного воздуха ($L_{опт}$) в помещение.

Аналогично будет определяться и допустимый расход наружного воздуха, то есть при

$C_{допуст}$ = $C^{//}_{помещ}$ ~f($L_{допуст}$) (7)

будет выполняться условие $C^{в}_{допуст}$=$[Sr^{2+}]$~f($C_{допуст}$) (8).

При этом оптимальное и допустимое значение биологически значимой концентрации биогенного элемента связаны между собой:

$C_{бзк}$+ΔC= $C^{в}_{допуст}$ (9)

Пусть $C^{1}_{бзк}$ – среднесуточная биологически значимая концентрация (БЗК) элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с воздухом;

$C^{2}_{бзк}$ – среднесуточная БЗК элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с пищей;

$C^{3}_{бзк}$ – среднесуточная БЗК элемента $[Sr^{2+}]$, которая должна обеспечивать баланс поступления этого элемента в организм человека с водой.

Тогда общую оптимальную среднесуточную норму поступления элемента $[Sr^{2+}]$ в организм человека можно выразить как

$$C^{1}_{бзк} + C^{2}_{бзк} + C^{3}_{бзк} = C^{общ}_{бзк} \quad (10).$$

А допустимая среднесуточная норма поступления элемента $[Sr^{2+}]$ в организм человека будет выражаться как

$$C^{1в}_{допуст} + C^{2в}_{допуст} + C^{3в}_{допуст} = C^{\Sigma в}_{допуст} \quad (11).$$

И предельная концентрация поступления через различные источники ионов стронция в организм человека не должна превышать $C^{\Sigma в}_{допуст}$=2 мг/сутки.

Если дополнительно к нитрату стронция в воздух, в пищу или воду добавить хлорид стронция (например, высокая концентрация $SrCl_2$ содержится в атмосферном воздухе), то можно увеличить концентрацию ионов стронция в организме человека. А верхняя предельно допустимая концентрация стронция в организме человека будет определяться произведением растворимости различных соединений стронция (например, $[Sr^{2+}]\cdot[CO_3^{2-}]=1{,}1\cdot10^{-10}$, $[Sr^{2+}]\cdot[OH^-]^2=3{,}2\cdot10^{-4}$, $[Sr^{2+}]^3\cdot[PO_4^{3-}]^2=1\cdot10^{-31}$ и т.д. [6]). В тех случаях, когда в организме произведение концентраций кристаллообразующих ионов превысит произведение растворимости, в нем могут образоваться соответствующие патогенные биоминералы. Если мы будем моделировать образование патогенных биоминералов в организме человека через образование кристаллов в гелях, то процесс зародышеобразования идет с существенным изменением кислотности среды, где они образуются.

На примере карбоната стронция можно рассмотреть механизм возможного образования патогенного биоминерала в организме человека (рис. 6).

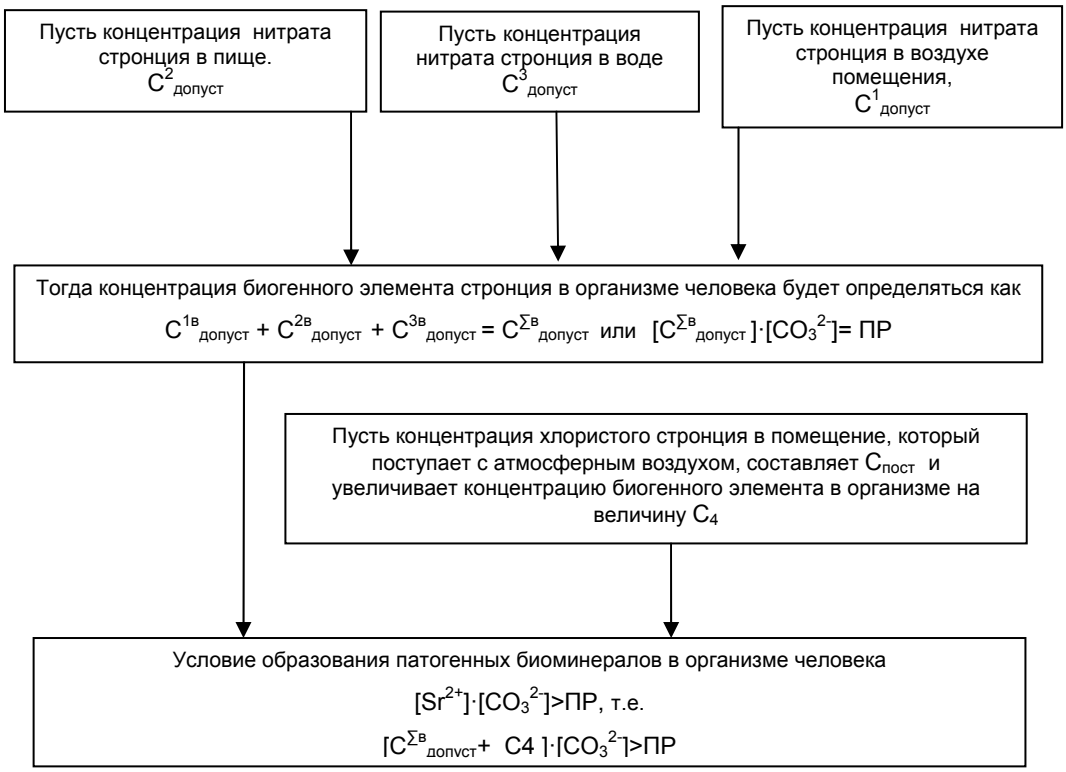

Рисунок 6. Схема возможного образования патогенного биоминерала (карбоната стронция) в организме человека от концентрации исходных реагентов, поступающих в организм с пищей, водой и воздухом

Для простоты будем рассматривать только реакцию стронция и угольной кислоты.

Основной физиологически важной кислотой в организме человека является угольная кислота (H_2CO_3), которая образуется за счет взаимодействия воды и двуокиси углерода:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \quad (12)$$

(в водной среде).

Учитывая что различные газы растворяются в воде неодинаково, а степень их растворимости пропорциональна парциальному давлению газа в растворе, то растворимость CO_2 в плазме можно записать в следующем виде:

$$K_{раств.} P_{CO_2} = [CO_2]_{раств.} \quad (13),$$

где $K_{раств.}$ – константа растворимости CO_2 в плазме;

P_{CO_2} — парциальное давление CO_2;

$[CO_2]_{раств.}$ – количество CO_2, растворенного в плазме.

Для гидратации CO_2 и диссоциации угольной кислоты (12) закон действующих масс выглядит следующим образом:

$$К_{а1}\,[CO_2]_{раств.} = [H^+][HCO_3^-],$$

$$К_{а2}\,[HCO_3^-] = [H^+][CO_3^{2-}] \quad (14),$$

где $[H^+]$ — концентрация ионов водорода в плазме;

$[HCO_3^-]$ – концентрация бикарбоната в плазме;

$[CO_3^{2-}]$ – концентрация кристаллообразующего иона в плазме;

$К_{а1}$ – первая константа диссоциации угольной кислоты;

$К_{а2}$ – вторая константа диссоциации угольной кислоты.

При поступлении стронция в организм человека равновесное состояние системы можно описать следующим образом:

$$К_{раств.}Pco_2 = [CO_2]_{раств.}$$

$$К_{а1}\,[CO_2]_{раств.} = [H^+][HCO_3^-]$$

$$К_{а2}\,[HCO_3^-] = [H^+][CO_3^{2-}]$$

$$К = [H^+][OH^-]$$

$$К_{равн}[SrCO_3]_{(тв)} = [Sr^{2+}][CO_3^{2-}] \quad (15),$$

где $К_{равн}\,[SrCO_3]_{(тв)}$ = ПР,

ПР – произведение растворимости, равное $1{,}1\times10^{-10}$,

К – константа диссоциации воды, равная 10^{-14}.

При условии, что произведение концентраций кристаллообразующих ионов превысит произведение растворимости, т.е. будет создано условие пересыщения

$$[Sr^{2+}][CO_3^{2-}] > ПР, \quad (16)$$

то в осадок в виде твердой фазы будет выпадать карбонат стронция:

$$[Sr^{2+}] + [CO_3^{2-}] = SrCO_3\downarrow, \quad (17)$$

а это будет приводить к увеличению кислотности среды, где образуется карбонат стронция, и этот процесс приведет к изменению концентрации бикарбоната в плазме.

Следовательно, первая реакция организма на образование любого патогенного биоминерала должна состоять в изменении концентрации бикарбоната в крови. Организм человека при этом включает защитные функции, для того чтобы привести свое состояние в норму. Но учитывая, что емкость буферных систем в нашем организме не безгранична, при дальнейшем увеличении концентрации ионов стронция мы можем изменить кислотность в организме человека до уровня, который может быть не совместим с жизнедеятельностью.

Параметры организма человека в норме [7]:

1) кислотность крови pH=7,4;
2) содержание бикарбоната в плазме — 24 ммоль/л;
3) парциальное давление CO_2 в артериальной крови человека находится в равновесии с парциальным давлением CO_2 в альвеолярном воздухе и составляет примерно 40 мм рт. ст. при 37^0 С.

При этом смещать равновесие в системе можно как за счет увеличения концентрации ионов стронция в плазме, так и за счет увеличения парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе. То есть сместить равновесное состояние в организме человека или вывести его из состояния нормы могут ошибки проектировщика при определении воздухообмена или при воздухораспределении в помещении.

Вывод: **биогеохимическая теория ограничивает концентрации биогенных элементов в организме человека как сверху, так и снизу и рассматривает различные источники их поступления в организм человека**. **В то же время в существующих нормативных документах не регламентируется зависимость концентрации биогенного элемента в организме человека от всех исходных реагентов, находящихся в воздухе помещения.**

При этом проектировщик в своей работе исходит именно из нормативной документации. Если спросить любого проектировщика, как повлияет созданная им климатическая система на организм конечного пользователя этих систем, то он может ответить только, что система соответствует нормам.

Давайте рассмотрим, насколько аргументировано выглядит этот довод.

В статье Е.О. Шилькрота и Ю.Д. Губернского [7] есть одно замечательное место, которое следует привести дословно: «Насколько нам известно из беседы с профессором Bjarne W. Olesen, директором Международного центра по качеству воздуха и энергосбережению, рекомендуемые в стандарте величины воздухообмена не основываются на объективных физиологических реакциях человека, а получены путем статистической выборки среди людей, адаптированных к внутренней воздушной среде (количество удовлетворенных – 80%)».

Отсюда следует вывод, что нормативный воздухообмен не связан с физиологией человека, т.е. в стандарте даже не учитывается связь CO_2 в воздухе помещения с бикарбонатом в крови человека. Но из той же статьи следует: «Расчет необходимого воздухообмена является достаточно сложной задачей. Несмотря на давность проблемы отечественные и зарубежные данные об оптимальном воздухообмене до сих пор противоречивы и нередко недостаточно обоснованы». П. Оле Фангер подчеркивает [9], что обычно в воздухе присутствуют сотни и даже тысячи химических веществ, каждое из которых имеет небольшую концентрацию, а мы обладаем весьма ограниченной информацией о влиянии этих веществ на здоровье и комфорт людей.

Таким образом, в действиях проектировщика при создании климатических систем в соответствии с постулатами Парацельса [10] мы получаем неопределенность в оценке риска отрицательного влияния воздуха на организм человека:

Неопределенность = Вариабельность + отсутствие сведений

А должны получать

Риск = (Токсичность)×(Доза)

если

Экспозиция = Доза

тогда

Риск = (Токсичность)×(Экспозиция)

Целью данной статьи является попытка оценить риск отрицательного влияния воздуха на организм человека на основе моделирования процессов зарождения и роста кристаллов в гелях и сопоставления полученных результатов и математической модели.

Выбор моделирования отрицательного влияния воздуха на организм человека на основе процессов зарождения и роста кристаллов в гелях не случаен.

Базой для стандартов и предписаний по системам вентиляции (CEN, 1998; ASHRAE, 2004) является метод, в основу которого положена реакция органов чувств человека на воздух различного качества (сенсорная реакция). П. Оле Фангер отмечает, что часто встречаются высказывания о том, что сенсорные измерения более предпочтительны, чем химические измерения. На практике эта «философия» стандартов определяет невысокое качество воздуха, которым недовольно большее количество людей, чем ожидалось, что документально зафиксировано в результатах многих исследований в реальных условиях, в зданиях по всему миру, построенных согласно требованиям этих стандартов.

Сложные биохимические процессы, происходящие в организме человека, могут приводить к существенным искажениям реакции организма на воздействие воздуха с определенными физическими параметрами и химическим составом. Поэтому, на наш взгляд, такой объект исследования как «человек» является не совсем удачным выбором для поиска причин отрицательного воздействия воздуха на организм. Необходим другой, более простой объект для исследования, который позволил бы хотя бы в общих чертах понять, как влияют химические соединения, находящиеся в воздухе помещения, на человека. Это позволило бы в дальнейшем, влияя на химический состав воздуха, исключить его отрицательное воздействие на человека.

Таким объектом для исследований могут быть кристаллы, которые образуются в гелях (метод кристаллизации в гелях). Тем более что процессы, которые могут протекать в гелях, характерны для организма человека: образование камней в почках, отложение кальция в межпозвоночных дисках (остеохондроз), образование бляшек (атеросклероз).

Положительной особенностью метода кристаллизации в гелях является возможность постоянного визуального наблюдения за процессами возникновения кристаллов и управления этими процессами. Кристаллы являются химическими соединениями, а образование химических соединений в пористых и вязких средах нас и интересует.

Рассмотрим метод кристаллизации в гелях [11].

1. Структура и свойства гелей.

К материалам, которые обычно называют гелями, относят не только силикагель (т.е. гели кремниевой кислоты), но также агар-агар (углеводный полимер, получаемый из водорослей), желатин (вещество, родственное простым белкам), различные соли высших кислот (зеленые мыла, целый ряд олеатов и стеаратов), поливиниловый спирт и пр. Ближе всего к гелям по структуре стоят золи, которые также представляют собой двухкомпонентные системы, похожие больше на жидкости, нежели на твердые тела. Существуют также гибридные среды, которые состоят из небольших желеобразных частиц, отделенных друг от друга относительно большими областями жидкой фазы. Такие среды иногда называют коагелями.

Гели образуются из суспензий или растворов путем установления пространственных связей между молекулами одного компонента, причем возникает трехмерная система. Такая система заключена в сплошную среду второго компонента. Поэтому гель можно рассматривать как полимер со слабыми перекрестными связями. Если дисперсионной средой служит вода, то такой материал называют «гидрогелем» (именно он образуется в поддоне кондиционера в процессе эксплуатации).

2. Механизм образования гелей и структура гидрогелей кремниевой кислоты.

Как полагают, при переходе метасиликата натрия в раствор образуется, согласно динамическому равновесию:

$$Na_2SiO_3 + 3H_2O = H_2SiO_4 + 2NaOH, \quad (18)$$

ортокремниевая кислота, которая может, как принято считать, полимеризоваться с выделением молекулы воды. Этот процесс может повторяться многократно до тех пор, пока не образуется трехмерная вязь из связей Si – O.

Основной отличительной особенностью геля является его пористость, обуславливающая большую удельную поверхность ($S_{уд.}$):

$$S_{уд.} = S/m, \quad (19)$$

где S – площадь межфазной поверхности между дисперсионной средой (жидкостью) и дисперсионной фазой (каркасом геля);

m – масса дисперсной фазы.

Удельная поверхность силикагелей составляет от 10 до 50 $м^2$/грамм.

В зависимости от плотности материала эффективные диаметры пор для силикагелей оказываются порядка 5-16 нм.

3. Основные методы роста.

Если гель содержит винную кислоту ($H_2C_4H_4O_6$), а вторым реагентом служит приблизительно 1М раствор хлористого кальция ($CaCl_2$) (рис. 7), то спустя некоторое время в геле образуются слаборастворимые кристаллы тетрагидрата виннокислого кальция (тартрата кальция):

$$H_2C_4H_4O_6 + CaCl_2 = Ca\,C_4H_4O_6 + 2HCl \quad (20)$$

Если концентрация кислоты чрезмерно высока, то могут образовываться кристаллы виннокислого натрия в виде длинных прозрачных игл. Кристаллы тартрата кальция можно выращивать не только с помощью $CaCl_2$, но также используя любую другую растворимую соль кальция, например, его ацетат. Для получения кристаллов кальцита в гелях рекомендуется использовать следующие реактивы: источники ионов карбоната – растворы Na_2CO_3, $(NH_4)_2CO_3$, $NaHCO_3$ или NH_4HCO_3; источники кальция – $CaCl_2$ или ацетат кальция $(CH_3COO)_2Ca$.

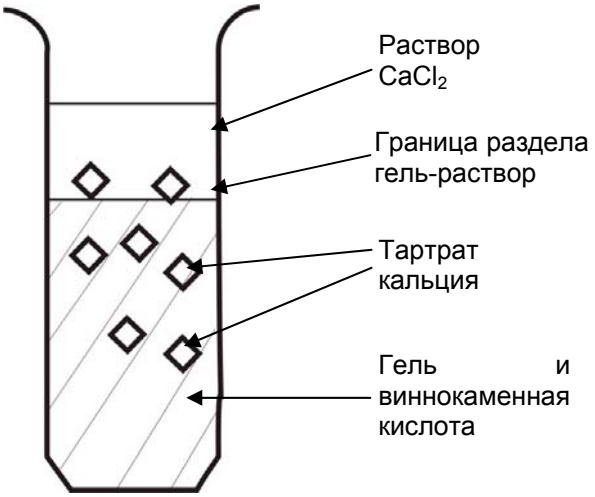

Рисунок 7. Основной метод кристаллизации в гелях в I-образных пробирках

Используя различные кислоты и соли металлов, можно получить множество других кристаллов. Среди кристаллов, которые хорошо образуются и растут в гелях, можно назвать следующие: тартраты аммония, меди, кобальта, стронция, железа и цинка; оксалаты кадмия и серебра; вольфрамат кальция; иодид свинца; сульфат кальция; кальцит и арагонит; сульфиды свинца и марганца; металлический свинец; медь, золото и многое другое. Для нас имеет значение то, что второй реагент не обязательно должен быть в виде раствора. Можно использовать газообразные реагенты при различных давлениях. Кроме того, не обязательно, чтобы гель был кислым, а основу его не обязательно должен составлять метасиликат натрия; может быть использован, например, силикагель разных марок или гели агар-агара. Существует множество примеров роста кристаллов в других вязких средах, как природных, так и искусственных. Например, льда в мороженом,

тартратов в сыре, серы в резине, солей цинка в сухих элементах, рост кристаллов тиомочевины в соединительных тканях и костях организма человека. По последним данным [12], патогенные биоминералы (кристаллы) обнаружены практически во всех органах организма человека (таблица 1).

Таблица 1. Патогенные биоминеральные образования, обнаруженные в организме человека [12]

Патообразования	Минералогическое название	Химическая формула	Размеры и вес
Камни мочевой системы	веввелит, ведделлит струвит гидроксилапатит, витлокит, брушит, кальцит, арагонит, гетит, гематит, магнетит, мочевая кислота и ее соли ксантин, гипоксантин, цистин	$CaC_2O_2 \cdot H_2O$, $CaC_2H_4 \cdot 2H_2O$ $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$ $Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$, $Ca_3(PO_4)_2$ $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $CaCO_3$, $FeOOH$, Fe_2O_3, Fe_3O_4 $C_5H_4N_4O_2$, $C_5H_2O_2N_4(NH_4)_2$ $C_2H_4N_4O_2$, $C_5H_4N_4O$ $SCH_2CH(NH_2)COOH$	от размера песчинки до 200 мм даже 350–400 мм от 0,1 мг до 1,2 кг максимальный вес зафиксирован 5,5 кг в почечной лоханке
Желчные камни	сульфаты Ca,Na,Mg кальцит, арагонит, ватерит, гидроксилапатит нитрат аммония, галит холестерин, стеорат Ca-пальмитат Ca	$Me(SO_4) \cdot 7H_2O$ $CaCO_3$ $Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$ NH_4NO_3, $NaCl$, $C_{27}O_{45}OH$, $(C_{17}H_{35}COO)_2Ca$ $(C_{15}H_{31}COO)_2Ca$	1–50 мм, макс. размер 111–130 мм и вес 106 г
Зубные камни	гидроксилапатит, витлокит, брушит, кальцит, струвит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$ $Ca_3(PO_4)_2$, $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ $CaCO_3$, $MgNH_4PO_4 \cdot 6H2O$	от 0,1 мм до грецкого ореха с весом 2,65 г
Слюнные камни	гидроксилапатит, кальцит, витлокит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$, $CaCO_3$ $Ca_3(PO_4)_2$	от просяного зерна до горошины, макс. куриное яйцо
Кальцификаты на сердечном клапане	Карбонатгидроксилапатит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$	2,8 г
Кальцификаты на легких	карбонатгидроксилапатит, кальцит, холестерин	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$ $CaCO_3$, $C_{27}O_{45}OH$	до 20 мм
Минеральные отложения на сосудах	карбонаты Ca, гидроксилапатит	$CaCO_3$, $Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$	1-15 мм^2, x 2 мм вес до 87 мг
Минеральные образования в мышцах	гидроксилапатит с высоким сод. CO_3	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$	20 60 мм
Минер. образов. в злокачественных опухолях	карбонатгидроксилапатит, кальцит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$, $CaCO_3$	10 мкм
Мозговой песок	карбонатгидроксилапатит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$	нет данных
Поджелудочные камни	кальцит, арагонит, карбонатгидроксилапатит	$CaCO_3$, $Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$	до 4 мм
Минер. образов. в селезенке	ферригидриты, фосфаты	$FeO(OH)$, Fe_3O_4 и др.	нет данных
Камни предстательной железы	карбонатгидроксилапатит, брушит, витлокит	$Ca_5(PO_4,CO_3)_3OH$ $CaH(PO_4)_2H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2$	0.2 – 1 мм
Носовые камни	карбонаты, фосфаты	$CaCO_3$, $CaH(PO_4)$	нет данных
Камни в хрусталике глаза	холестерин, витлокит, апатит, карбонаты, оксалаты, тирозин, липоиды	$C_{27}O_{45}OH$, $Ca_3(PO_4)_2$,	до 0.25 мм
Минеральные выцветы на коже	рудные элементы	Ag, Zn и другие.	нет данных

Но кристаллы могут образовываться не только в гелевой среде. Г. Гениш [11] упоминает, что Драпер вместо обычных гелей использовал мелкий песок и одиночную капиллярную трубку; оказалось, что и в таких системах можно получать кристаллы. Отсюда можно сделать вывод, что химические соединения могут образовываться не только в организме человека, но и на любой высокоразвитой поверхности внутри помещений, в том числе прекрасной средой для образования различных химических соединений моет быть пыль. Мы рассматривали образование твердой фазы в гелях, но следует отметить, что В.Б. Алесковский в своей работе [13] приводит следующие экспериментальные данные: «Л. Баррэдж заметил (1933 г.), что при нагревании до 100°С силикагеля, содержащего адсорбированные им пары четыреххлористого углерода, выделяются хлористый водород и фосген». Тогда нам необходимо учитывать возможность образования химических соединений на высокоразвитой поверхности в виде не только твердой, но и газообразной фазы. Высокоразвитой поверхностью в помещении может служить бетон, кирпич и ряд отделочных материалов. Они, как и силикагель, пористы и обладают высокой удельной поверхностью.

Г. Гениш [11] приводит высказывания Фишера и Симона о том, что гели представляют собой прекрасную среду для выращивания кристаллов почти любого вещества в управляемых условиях. При этом сам говорит о том, что такая возможность далека от реализации к настоящему моменту. Это относится к управлению процессом зарождения и выращивания кристаллов в гелях, но наша задача гораздо проще: нам необходимо не допустить зарождения патогенных биоминералов в организме человека. Для того чтобы управлять процессом зарождения кристаллов, мы должны сперва описать этот процесс.

Литература

1. Словарь терминов. Автономная некоммерческая организация науки – Центр «Окружающая среда-Риск-Здоровье» // http://www.erh.ru/slovar.php
2. Венедиктов Д.Д. Здравоохранение России: кризис и пути преодоления. М., 1999.
3. Полякова Е.В. Стронций в подземных водах и его влияние на организм человека // Минералогия и жизнь: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар, 2007.
4. Жолнин А.В. Химия биогенных элементов. Конспект лекций по общей химии. Челябинск, 2001.
5. Салтыков А.В. Биоэкология: Учебное пособие. Ульяновск, 2000.
6. Ефимов А.И. и др. Свойства неорганических соединений. Справочник. Л., 1983.
7. Почки и гомеостаз в норме и при патологии / Пер.с англ., под ред. С. Клара. М.,1987.
8. Шилькрот Е.О., Губернский Ю.Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? // АВОК, №4/2008. М., 2008.
9. Оле Фангер П. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате // АВОК, №2/2006. М., 2006.
10. Новиков С.М. Химическое загрязнение окружающей среды: основы оценки риска для здоровья населения. М., 2002.
11. Гениш Г. Выращивание кристаллов в гелях. М., 1973.
12. Пальчик Н.А., Столповская В.Н. Минералы внутри нас // Вестник РФФИ, №4/1998. М., 1998.
13. Алесковский В.Б. Стехиометрия и синтез твердых соединений. Л.,1976.

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

Раб. тел. (8212) 29-10-24, факс: (8212) 24-44-10

Эл. почта: tookola@mail.ru

Об основных принципах обеспечения качества строительства. Международный опыт

Президент Русской ассоциации инженеров-консультантов
Л.В. Малиновская*

Тема повышения качества строительства по-прежнему остается актуальной, несмотря на широкое применение строительными организациями системы контроля качества по стандартам ISO.

Понимается, что качество строительства снижают низкоквалифицированные кадры; некачественные и не соответствующие требованиям безопасности строительные материалы; низкий уровень проектирования; недостаточный контроль над ходом строительно-монтажных работ, срыв сроков строительства и т.д.

Однако все перечисленное выше является следствием **ошибочных решений** при реализации строительного проекта, отсутствия процедуры принятия решений и ответственности за эти решения.

Основное значение в принятии решений для обеспечения качества строительства имеет **законодательство** и **нормативно-техническая база**.

Государственные органы власти играют очень важную роль, создавая через законы и техническое регулирование возможности для развития строительной отрасли и роста экономики страны в целом. Об этом свидетельствует строительный бум в России в последние годы. Однако резкое увеличение объемов строительства часто имело и негативное влияние на качество строительства из-за нехватки квалифицированных инженерно-технических работников, несовершенства новых законодательных актов и методологии реализации строительных проектов и т.д.

Роль государства можно сравнить с ролью судьи футбольного матча, когда правила игры всем известны, и судья обеспечивает качественную игру.

Совершенствованию законотворческой деятельности способствует международная практика, при которой разработку нормативных актов выполняют не отдельные авторы, а некоммерческие профессиональные сообщества – ассоциации — через их специальные комитеты, образованные для решения конкретных задач.

Качество строительства закладывается на уровне разработки концепции проекта, определения стратегии его реализации и программы проведения основных мероприятий. Строительные проекты должны иметь достаточно высокий уровень **управления проектированием и управления строительством.**

В мире накоплен большой опыт в управлении строительными проектами. Существуют различные подходы, методики. Одна их методик была создана в 60-х годах прошлого столетия Международной федерацией инженеров-консультантов (FIDIC). Финансировал работу Всемирный банк. Эта методика включает в себя общие правила проведения тендеров на закупку товаров и услуг, а также типовые формы договоров, классифицирующиеся по:

- субъектам договора;
- схемам закупок товаров и услуг;
- способу закупок товаров и услуг;
- видам работ;
- сложности проекта и объему финансирования.

Для реализации проекта Заказчиком выбирается руководитель проекта и формируется группа по реализации проекта. В эту группу входят представители проектной организации, подрядчика, а также консультанты.

Качество строительства в значительной степени зависит от компетенции и слаженности работы тех специалистов, которые выполняют свои обязательства для обеспечения целей проекта.

Взаимопонимание в команде проекта во многом обеспечивается правовыми документами – договорами и соглашениями, которые должны быть хорошо понятны всем, без исключения, участникам. Уровень качества менеджмента напрямую зависит от того, с какой ясностью каждый член команды понимает и выражает свои требования. Между всеми участниками проекта в самом начале должна установиться атмосфера сотрудничества.

В международных строительных проектах основными являются шесть участников.

1. **Заказчик** может иметь несколько кредиторов, акционеров, консультантов и других представителей для координации проекта, однако, как правило, все вложения в проект проходят через Заказчика. Заказчик

определяет: объем работ и бюджет проекта, подход к реализации проекта, социальную ответственность, влияние на окружающую среду и т.д. Заказчик заключает договор и с подрядчиком, и с инженерно-консультационной компанией (Инженером). Оба этих исполнителя должны быть одинаково осведомлены по всем техническим вопросам, вопросам снабжения и управления проектом.

2. **Подрядчик** также может представлять несколько участников: субподрядчиков, поставщиков материалов и оборудования, лаборатории, а также проектировщиков, например, в проектах «под ключ». Однако Подрядчик, как «сторона» в договоре, отвечает за строительную стадию проекта. Подрядчик определяет требования, касающиеся графика работ и освоения средств, своевременности решений заказчика и инженера, реального распределения рисков и др. Подрядчик является стороной, отвечающей и за снабжение объекта.

3. Функции **Инженера** при реализации проекта может выполнять как представитель Заказчика, так и независимая инженерно-консультационная компания. Выбор Инженера-консультанта является одним из самых важных решений заказчика. От решений Инженера зависит успех проекта. В выборе Инженера-консультанта на 80% играет роль профессионализм и на 20% – стоимость услуг. Также очень важно, чтобы между Заказчиком и Инженером были построены максимально доверительные отношения. Объем услуг определяется договором. Инженер выполняет следующие функции:

   - управление проектными работами, включая выбор проектировщика или проектирование объекта строительства;
   - организация и проведение торгов на подрядные работы;
   - управление строительством;
   - технический и авторский надзор;
   - выполнение функций независимого арбитра при решении споров между сторонами (по желанию сторон).

4. **Совет по урегулированию споров**. В 70-х-80-х годах прошлого столетия возложенная на Инженера роль независимого арбитра подверглась критике со стороны крупных международных подрядчиков. Подрядчик считал, что Инженер, нанятый Заказчиком, не может в полной мере действовать независимо и беспристрастно по отношению к подрядчику. Для доарбитражного урегулирования споров создается Совет по урегулированию споров в соответствии с новыми формами договоров, разработанных в 1999 году. Этот Совет может состоять из одного человека.

5. **Инвестор** может представлять собой международный финансовый институт, каким является Всемирный банк или Европейский Банк Реконструкции и Развития. Инвестор играет такую же роль, как Заказчик, но может влиять на качество строительства через политические решения.

6. **Проектировщик** действует на основании договора с Заказчиком на выполнение работ и отвечает за подготовку как тендерной, так и строительной документации для утверждения Заказчиком. Проектировщик определяет требования к качеству контрактной документации.

Еще одним условием обеспечения качества строительства является оптимальное распределение рисков между сторонами и соблюдение принципа **качественного управления рисками.**

Управление рисками лежит в основе управления качеством. При управлении рисками отслеживается процесс, при котором работы по проекту выполняются только в соответствии с профессиональной компетентностью: проектирование выполняется профессиональными проектировщиками, строительство осуществляется опытными подрядчиками, материалы и комплектующие изготавливаются поставщиками-производителями.

В международной практике риски на себя принимают и страховые компании через страхование профессиональной ответственности. На российском рынке количество таких страховых продуктов явно недостаточное.

К дополнительным **неблагоприятным факторам**, снижающим качество строительства, относятся следующие: форс-мажор, аварии, некачественные средства связи, языковой барьер.

Дальнейшее изучение международного и отечественного опыта в повышении качества строительства позволит не только создать систему управления качеством, которая будет регулировать решение всех вопросов, требуемых для обеспечения качественного строительства, но и внедрить ее на практике.

А для этого, прежде всего, в России необходимо развивать индустрию инженерного консультирования, потому что именно инженеры-консультанты принимают **решения**, а управляющие проектом и менеджеры их реализуют. Такая мировая практика проверена столетием.

**Людмила Васильевна Малиновская, Русская ассоциация инженеров-консультантов, Москва*

Тел. (495) 5148066, факс (495) 9427918; эл. почта info@raik.ru

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

Отделение повышения квалификации и профессиональной переподготовки

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
Технология и контроль качества строительства	*3 недели*	*18000*
Выполнение функций заказчика-застройщика	*2 недели*	*18000*
Управление строительной организацией	*2 недели*	*15000*
Календарно-сетевое планирование в строительстве	*2 недели*	*15000*
Проектирование и монтаж систем вентиляции	*3 недели*	*18000*
Проектирование, монтаж и эксплуатация систем теплоснабжения	*2 недели*	*15000*
Электроснабжение и электрооборудование объектов	*2 недели*	*15000*
Обследование строительных конструкций зданий и сооружений	*2 недели*	*150000*
Сметное дело в строительстве	*2 недели*	*16000*

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.
Проводится обучение по следующим программам:

- *Проектирование зданий и сооружений с использованием AutoCAD*
- *Проектирование строительных конструкций с использованием SCAD Office*
- *Проектирование зданий и сооружений с использованием Allplan*
- *Планирование и управление строительными проектами с использованием MS Project*

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