



СОДЕРЖАНИЕ

• ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- Жаданов В.И., Тисевич Е.В., Украинченко Д.А.** Результаты испытаний клефанерной совмещенной стеновой панели размером 1,5×3,0 м..... 3
- Коробко В.И., Алдушкин Р.В.** Экспериментально-теоретический метод определения коэффициента жесткости шва составных конструкций балочного типа..... 9
- Меркулов С.И., Золотых Е.А.** Прочность и деформативность железобетонных плит перекрытий с технологическими отверстиями 13
- Турков А.В., Юров А.П.** Поперечные колебания и прогибы однопролетных балок на упругом основании..... 17
- Уткин В.С., Галаева Н.Л.** Расчет надежности сжатого стержня в составе металлической фермы по критерию устойчивости комбинированным методом..... 20

• БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

- Эпштейн А.С., Бакаева Н.В., Попова Н.А.** Коэффициент эффективности мероприятий по повышению пожарной безопасности учреждений ВПО..... 24
- Поландов Ю.Х., Власенко С.А., Митрохин А.В.** Задача истечения воды из закрытой емкости в случае ее повреждения..... 30

• АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

- Дорофеева И.А.** Эволюция архитектуры комплексов «жилье+ трудовая деятельность» за рубежом..... 37
- Морозова М.Е.** Некоторые особенности структуры Спасо-Преображенской церкви Кижского погоста в соотношении с иконографией преобразования..... 44
- Попов В.М., Меркулова Е.В., Чепиков Н.А., Рыкунова И.О.** Оценка загрязнения городской среды с применением ГИС-технологий..... 48
- Римшин В.И., Омельченко Е.А., Шубин Л.И.** Предоставление земельных участков для строительства с предварительным согласованием места размещения объектов..... 52

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель:

Голенков В.А. д.т.н., проф.

Зам. председателя:

Борзенков М.И. к.т.н., доц.

Гордон В.А. д.т.н., проф.

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Константинов И.С. д.т.н., проф.

Одолева М.В.

Поландова Л.И.

Радченко С.Ю. д.т.н., проф.

Садков В.Г. д.э.н., проф.

Светкин В.В. к.т.н., доц.

Снежко О.А. к.т.н., доц.

Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Фролова Н.А. к.соц.н., доц.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Зам. главного редактора:

Гончаров Ю.И. д.т.н., проф.

Колесникова Т.Н. д. арх., проф.

Коробко В.И. д.т.н., проф.

Ушаков Л.С. д.т.н., проф.

Члены редколлегии:

Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Зорши В.А. д.т.н., проф.

Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Коробко А.В. д.т.н., проф.

Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Меркулов С.И. д.т.н., проф.

Новиков А.Н. д.т.н., проф.

Ольков Я.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Сертик И.Н. д.т.н., проф.

Федоров В.С. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.

Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Отв. секретарь:

Никулин А.И. к.т.н., доц.

Зам. отв. секретаря:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.

Бакаева Н.В. к.т.н., доц.

Технический секретарь:

Блинников Е.А.

Компьютерная верстка:

Солопов С.В.

АДРЕС РЕДАКЦИИ СЕРИИ

302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.

Факультет транспорта и строительства.

Редколлегия журнала Известия ОрелГТУ.

Серия «Строительство. Транспорт».

тел.: (4862) 41-98-05, 76-29-94;

факс: (4862) 43-92-41; e-mail: antc@ostu.ru

Зарегистрировано в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации.

Свидетельство: **ПИ № 77-15496** от 20 мая 2003 г.

Формат 69×90/8. Печать ризография. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,5. Тираж 500 экз.

Подписной индекс **86294** по каталогу «ПРЕССА РОССИИ»

© ОрелГТУ, 2008

• **СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ**

Ахременко С.А., Лукутцова Н.П. Снижение радиоактивности сырья и строительных материалов.....	56
Гончаров Ю.И., Солопов С.В., Д.А. Милов. Исследование особенностей минералогии и технологических свойств глинистого сырья Казначеевского месторождения (Орловская область).....	61
Дрвалова О.В. Сопоставление лабораторных режимов испытаний асфальтобетона и эксплуатационных условий работы материала в покрытии при исследовании усталостных процессов.....	65
Лукутцова Н.П., Ахременко С.А., Королева Е.Л. Мелкозернистый бетон на глауконитовом песке.....	70
Новиков А.Н., Букалова Г.В., Бодров А.С. Современные тенденции в области применения экологически безопасных лакокрасочных материалов.....	76

• **АВТОМОБИЛИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ,
СЕРВИС И РЕМОНТ**

Бессчетнов Б.В. Исследования динамического напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций для оценки их работоспособности.....	82
Кочетков А.В., Ермаков М.Л., Аржанухина С.П. Новые инструментальные средства изыскания и проектирования объектов транспортного строительства.....	88
Сытин А.В. Моделирование трения кулона при расчете характеристик лепестковых газодинамических подшипников.....	93

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.011.1(045)

Канд. техн. наук, доц. В.И. Жаданов

(Оренбургский государственный университет)

Россия, г. Оренбург, тел. 8 (3532) 27-11-42; e-mail: organ-2003@bk.ru

Инж. Е.В. Тисевич

(Оренбургский государственный университет)

Россия, г. Оренбург, тел. 8 (3532) 55-44-20; e-mail: orenburg@list.ru

Асп. Д.А. Украинченко

(Оренбургский государственный университет)

Россия, г. Оренбург, тел. 8 (3532) 27-93-72; e-mail: ukrainchenko@inbox.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КЛЕЕФАНЕРНОЙ СОВМЕЩЕННОЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ РАЗМЕРОМ 1,5×3,0 м

Приведены методика и результаты экспериментальных исследований клеефанерной стеновой панели. Определено значение редуцирующего коэффициента для фанерной обшивки, которое может быть использовано в инженерных расчетах. Изучена степень влияния поперечных вспомогательных ребер и продольных обрамляющих элементов на НДС. Выполнен расчет разработанных конструкций на ЭВМ по программам «ЛИРА» и «SCAD».

They give methods and results of experimental examinations of a plywood wall panel. They determine the value of the reducing coefficient for a veneer boarding which can be used in engineering calculations. They study an influence of cross subsidiary ribs and longitudinal framed elements on the deflected mode of a panel. The calculation of developed constructions makes with the computer using programs «LIRA» and «SCAD».

Практика отечественного и зарубежного строительства подтвердила эффективность и экономическую целесообразность применения в зданиях и сооружениях совмещенных конструкций, выполняющих одновременно несущие и ограждающие функции. В покрытии это могут быть различного рода плиты «на пролет», пространственные шпренгельные плиты и фермы, которые монтируются непосредственно на колонны, подстропильные конструкции или несущие продольные стены. В стеновом ограждении стеновые панели монтируют непосредственно на фундамент, при этом продольные ребра выполняют функции колонн, а обшивки, включенные в общую работу панели вместе со вспомогательными ребрами, являются ограждающими элементами возводимого объекта. Характерным отличием совмещенных стеновых панелей от ограждений, навешенных на колонны, является совместная работа на сжатие с изгибом, когда сжимающая нагрузка от вышерасположенных конструкций передается непосредственно на продольные ребра, а изгибающая ветровая нагрузка может быть приложена как к основным ребрам, так и по всей площади конструкции в зависимости от конкретного конструктивного решения панели.

С целью изучения фактического напряженно-деформированного состояния разработанных клеефанерных конструкций, а также характера работы отдельных элементов и соединений проведены статические испытания опытной панели, предназначенной для стенового ограждения одноэтажного отапливаемого здания с высотой до низа стропильной конструкции 3,0 м (работа выполнена под руководством д.т.н., проф. П.А. Дмитриева).

В состав П-образного поперечного сечения входят два продольных ребра из цельной древесины сосны с размерами прямоугольного поперечного сечения 40×170 мм и фанерная обшивка толщиной 10 мм, которая приклеена к ребрам с гвоздевым прижимом. Обрамляющие элементы и вспомогательные поперечные ребра, расположенные с шагом 750 мм по длине панели, выполнены из досок 34×100 мм, соединены между собой на зубчатый шип типа П-20 и также приклеены к обшивке с гвоздевым прижимом. Неизменяемость поперечного сечения обеспечивали диафрагмами жесткости, которые ставили на расстоянии 500 мм от торцов панели из условия выполнения узла сопряжения панели с фундаментом. Соединение основных ребер и диафрагм жесткости выполнено при помощи вклеенных стержней. Опытная конструкция стеновой панели показана на рисунке 1.

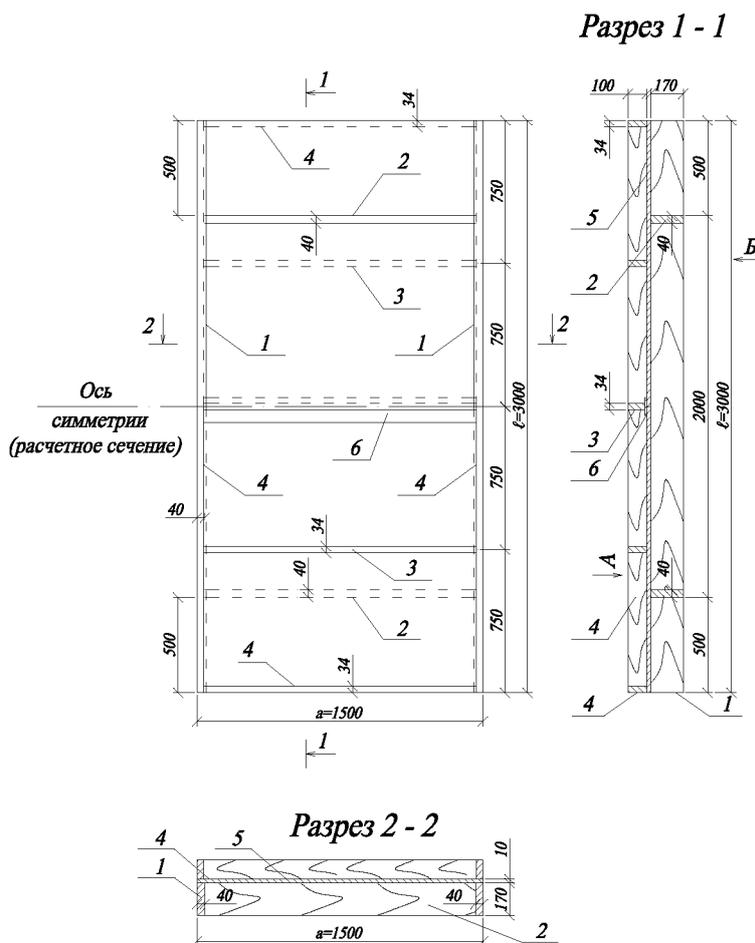


Рис. 1. Опытная конструкция сжато-изогнутой панели: 1 - основные ребра (доска 40×170 мм); 2 - диафрагмы жесткости (доска 40×170 мм); 3 - поперечные ребра (доска 34×100 мм); 4 - обрамляющие элементы (доска 34×100 мм); 5 - фанерная обшивка $t=10$ мм; 6 - фанерная накладка

Технологический процесс изготовления предусматривает следующий порядок:

- изготовление дощатых ребер и диафрагм жесткости;
- изготовление ограждающих щитов для стеновых панелей;
- сборка панелей с приклеиванием ограждающих щитов к ребрам, постановкой диафрагм жесткости и выполнение узловых сопряжений на вклеенных стержнях;

Сборка ограждающих щитов включает следующие технологические операции:

- производят раскрой, сортировку и механическую обработку пиломатериалов, фанерных листов и их накладок;
- на стенде по заранее нанесенной разметке размещают вспомогательные и обрамляющие ребра так, чтобы их нижние грани находились сверху;

- осуществляют запрессовку зубчатых соединений (давление может быть снято сразу после запрессовки каркаса);
- приклеивают в местах стыкования фанерной обшивки накладки к вспомогательным ребрам;
- производят склейку листов обшивки с каркасом и накладками с гвоздевой запрессовкой;
- укладывают изготовленный щит в штабель.

Панель испытывали в горизонтальном положении как конструкцию, имеющую, с одной стороны, шарнирно-подвижную, с другой, шарнирно-неподвижную опоры, при этом опорные реакции передавались на ребра через стальные прокладки длиной 60 мм и шириной, равной ширине основных ребер.

Перед испытанием опытную конструкцию тщательно обследовали визуально. Проводили измерение поперечных сечений рабочих элементов и сравнивали с проектными. Фактические пороки древесины были сопоставлены с допусками по нормам. Кроме того, проверяли качество изготовления конструкции (точность подгонки элементов, наличие или отсутствие повреждений древесины, качество обработки рабочих поверхностей, качество клееных швов и т.д.). При проведении испытаний измеряли температуру и влажность воздуха в помещении.

Опытная конструкция рассчитана с соблюдением требований [1] под расчетные нагрузки на панель $N=106,6$ кН, $q=4,62$ кН/м². Значения нагрузок на сжато-изгибаемую панель были определены с учетом фактических размеров поперечных сечений ее элементов, возможностей испытательного стенда по передаче сжимающего усилия, а также с точки зрения определения возможности расширения области применения разработанной конструкции в качестве верхних поясов пространственных деревометаллических блочных шпренгельных плит и ферм. Испытания были проведены с использованием методики и рекомендаций [2].

Для получения четкой картины работы клефанерной стеновой панели под нагрузкой при проведении испытаний измеряли:

- основные деформации системы: прогибы панели в середине и третях пролета, осадки опор, изменение длины пролета, прогибы в наиболее напряженных отсеках панели в середине отсека и под вспомогательными ребрами, величину расхождений основных ребер в сечении между диафрагмами;
- фибровые деформации элементов: деформации основных, вспомогательных и обрамляющих ребер, фанерной обшивки.

Основные деформации конструкции измеряли прогибомерами БПАО-ЛИСИ и индикаторами часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм. Деформации в элементах конструкции измеряли согласно общепринятой методике [3] с использованием тензорезисторов с базой 20 мм и микропроцессорной многоканальной тензометрической системы ММТС-64, которая обеспечивала время снятия отсчетов не более 1 секунды. Схема расстановки механических приборов показана на рисунке 2.

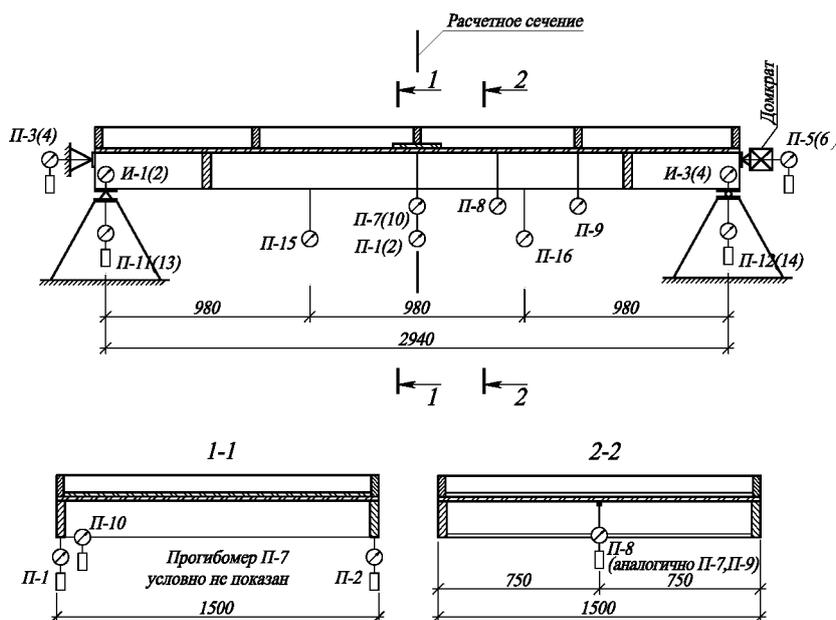


Рис. 2. Схема расстановки механических приборов

Фанерная обшивка при действии равномерно-распределенной нагрузки изгибается, одновременно работая на сжатие при общем изгибе конструкции. Для определения сжимающих и изгибных напряжений, действующих в обшивке, а также определения степени ее включения в общую работу конструкции нагружение панели осуществляли:

- сжимающей нагрузкой, приложенной только к основным ребрам;
- изгибной нагрузкой, приложенной только к основным ребрам;
- сочетанием сжимающей и изгибной нагрузок, приложенных только к основным ребрам;
- сочетанием сжимающей нагрузки, приложенной к основным ребрам, и изгибной нагрузки, равномерно-распределенной по всей площади обшивки.

После завершения первых испытаний панель разгружали и выдерживали перед проведением следующих не менее 3 суток.

Загружение проводили до расчетных нагрузок. Для более детального изучения фактического напряженно-деформированного состояния конструкции, особенно на первых этапах испытания, значения прикладываемых нагрузок по ступеням загрузки изменяли, при этом приращение нагрузок составило: $N=13,33$ кН, $q=0,35$ кН/м² с 1 по 7 ступень и $N=13,33$ кН, $q=0,70$ кН/м² с 8 по 10 ступень (сжимающая нагрузка на 8 ступени была равна расчетной и больше не увеличивалась из условия прочности стенда). Изгибную нагрузку создавали синтетическими мешками с песком массой 20 кг, вес которых тарировался перед проведением каждого испытания. После тарировки мешки запаивались для предотвращения изменения влажности песка и, соответственно, веса.

Для передачи изгибной нагрузки только на основные продольные ребра были изготовлены специальные загрузочные щиты, на которых располагались мешки с песком. При загрузке фанерной обшивки в местах расположения датчиков для обеспечения их неповреждаемости мешки устанавливали на короткие прокладки, выполненные из тонких реек.

Сжимающую нагрузку создавали гидравлическими домкратами по одному на каждое ребро, соединенными с насосной станцией общим трубопроводом, что обеспечивало одинаковые усилия на обоих домкратах. Усилие контролировалось гидравлическим манометром, установленным на насосной станции. Общий вид опытной конструкции и испытательного стенда представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Опытная конструкция, установленная на испытательный стенд

При проведении испытаний соблюдали следующие условия:

- схема приложения нагрузок на каждой ступени загрузки оставалась неизменной;
- нагрузки прикладывались ступенями в равные промежутки времени, составляющие 3-5 мин.;
- испытываемую конструкцию выдерживали под нагрузкой одинаковое время, равное 15 мин.

Измерение деформации проводили как непосредственно перед приложением нагрузки, так и сразу после загрузки.

Продолжительность снятия отсчетов составляла не более 1 минуты.

Отсчеты снимались в одной последовательности, сначала по середине пролета, затем на опорах. Во время испытаний непрерывно производили наблюдения за испытываемой конструкцией (появление трещин от скалывания, разрывов волокон и других повреждений).

Всего на исследуемой стеновой панели было установлено 79 тензорезисторов, 17 прогибмеров, 4 индикатора.

Максимальные прогибы основных ребер панели находились в пределах норм (рис. 4, а). Значения фактических прогибов от нормативной нагрузки составили в среднем 4,5 мм или 1/666 пролета. Расхождение в значениях прогибов в зависимости от схемы приложения нагрузки не превышали 3%.

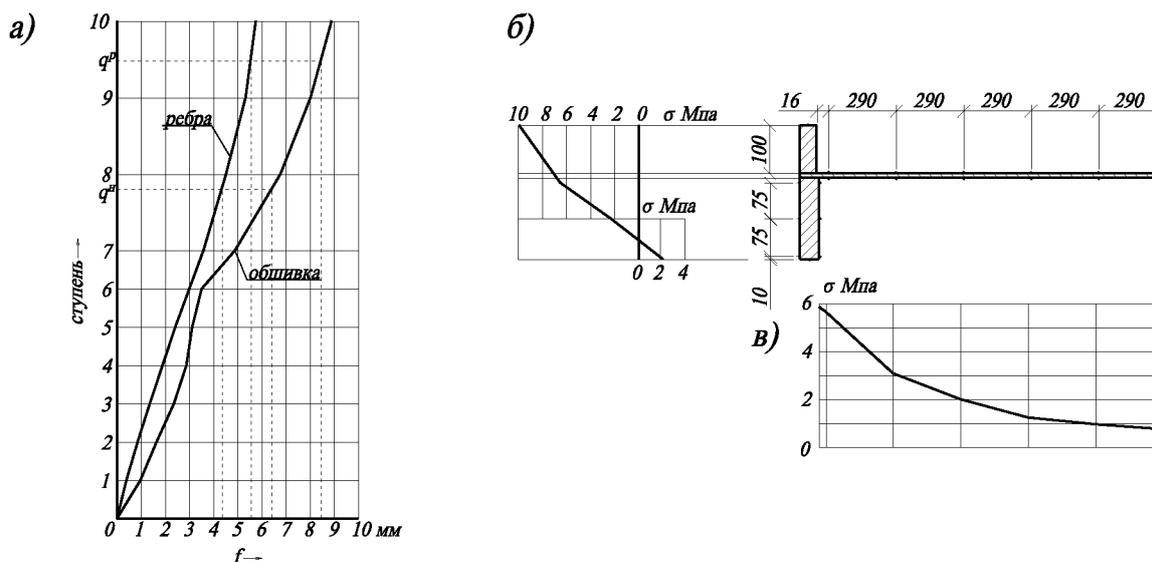


Рис. 4. Результаты испытаний клефанерной совмещенной стеновой панели размером 1,5×3,0 м: а – прогибы основных ребер плиты в середине пролета и обшивки в центре наиболее напряженного отсека; б – характер распределения изгибных напряжений в основных ребрах при расчетной нагрузке; в – характер распределения нормальных сжимающих напряжений в обшивке при расчетной нагрузке в расчетном сечении (середине пролета)

При нагружении конструкции изгибной нагрузкой, равномерно-распределенной по всей площади панели, относительный прогиб обшивки при нормативной нагрузке в центре наиболее напряженного отсека (измеренный относительно основных ребер) составил 1/235 пролета обшивки, а при расчетной нагрузке - 1/177 пролета (рис. 4, а). Нарастание прогибов обшивки (независимо от схемы загрузки) происходило пропорционально нагрузке. Это свидетельствует о том, что при соотношении пролета обшивки к толщине, не превышающем 75, обеспечивается её устойчивость.

В процессе испытаний панели наблюдалась депланация ее поперечного сечения между диафрагмами. Наибольшая величина расхождения ребер в уровне их нижних граней составила при нормативной нагрузке 1 мм, при расчетной – 1,53 мм.

Характер распределения напряжений в основных ребрах панелей в расчетном сечении представлен на рис. 4, б. При испытании панелей сочетанием нагрузок сжимающей и изгибной, приложенной только к основным ребрам, сжимающей и изгибной, равномерно-распределенной по всей площади обшивки, эпюры распределения напряжений были идентичны. Экспериментом доказано, что продольные обрамляющие элементы, приклеенные к фанерной обшивке, полностью включаются в общую работу конструкции, что говорит о необходимости их учета при определении геометрических характеристик панели.

Закономерность распределения напряжений сжатия по ширине обшивки при расчетной нагрузке представлена на рис. 4, в. Эпюры этих напряжений были идентичны как при разных схемах загрузки, так и в сечениях у вспомогательных ребер и в середине отсека. Сжимающие напряжения, действующие в обшивке, имели максимальное значение у основных ребер и минимальные в середине поля обшивки. Анизотропия фанерной обшивки при определении экспериментальных значений напряжений учитывалась путем наклейки датчиков в каждой точке в двух главных взаимоперпендикулярных направлениях. Как известно, в практических расчетах доля участия фанерной обшивки в общей работе конструкции определяется с учетом редуцированного коэффициента. Его значение для данной конструкции составило 0,39. Испытанная конструкция рассчитывалась на ЭВМ по программам «ЛИРА» и «SCAD».

В результате расчета получены эпюры распределения напряжений в элементах панели, которые были полностью идентичны экспериментальным. Расхождение между теоретическими и экспериментальными данными не превышало 9% для величины прогибов и 14% для значений напряжений, что для испытаний натурной конструкции можно считать удовлетворительным. Результаты расчетов по программным комплексам «ЛИРА» и «SCAD» были полностью идентичны.

Выводы.

Фанерная обшивка, приклеенная к ребрам каркаса, эффективно включается в работу панели, при этом нормальные напряжения по ширине обшивки распределяются неравномерно. Поперечные ребра, расположенные с шагом не более 75 толщин обшивки, обеспечивают её прочность, жесткость и устойчивость, но не участвуют в общей работе конструкции и существенно не влияют на характер распределения нормальных напряжений по ширине обшивки. При расчете поперечных ребер на прочность и жесткость необходимо рассматривать тавровое сечение с фанерной нижней полкой, при этом ширина полосы, учитываемая в расчете, по экспериментальным данным равна 40 толщинам фанеры. Расчет крупноразмерных редкоробристых стеновых панелей с фанерной обшивкой может быть выполнен на ЭВМ с использованием программных комплексов «ЛИРА» и «SCAD».

Литература

1. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции [Текст]. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1983. – 31 с.
2. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций [Текст] / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1976. – 28 с.
3. Ренский, А.Б. Руководство по тензометрированию строительных конструкций и материалов [Текст] / А.Б. Ренский, Д.С. Баранов, А.И. Кочетов // НИИ бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1971. – 313 с.

УДК 624.04

Докт. техн. наук, проф. В.И. Коробко; асп. Р.В. Алдушкин
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 76-39-92; e-mail: ftis_dec@ostu.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ ШВА СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНОГО ТИПА

В статье описан экспериментально-теоретический метод определения коэффициента жесткости шва составных конструкций балочного типа, разработанный на основе теории составных стержней и закономерности, связывающей статические и динамические характеристики конструкции, а также приведены результаты его тестирования.

The article describes the experimental-theoretical method of coefficient of seam's stiffness calculation for composite beams which was developed using the theory of composite constructions and consistent pattern about link of static and dynamic construction's characteristics. Results of method's testing are describes too.

Теоретические основы метода.

При решении практических задач теории сооружений, связанных с расчетом различных строительных конструкций, как правило, их статические и динамические характеристики (прогибы и частоты колебаний) определяются независимо друг от друга путем решения соответствующих дифференциальных уравнений.

В работах профессора В.И. Коробко [4-6] была установлена закономерность, связывающая величину максимального прогиба W_0 упругой изотропной балки постоянной изгибной жесткости и погонной массы m , нагруженной равномерно распределенной нагрузкой q , с ее основной частотой колебаний в ненагруженном состоянии ω :

$$W_0 \omega^2 \approx 4/\pi \cdot q/m = C \cdot q/m. \quad (1)$$

Эта закономерность носит фундаментальный характер и открывает широкие возможности в экспериментальной механике (в области развития и совершенствования вибрационных методов диагностики и контроля качества строительных конструкций), а также в области развития методов физико-механического моделирования строительных конструкций.

В работах А.В. Туркова и П.А. Гвозкова [1-3] приведено теоретическое и экспериментальное доказательство применимости сформулированной выше закономерности для составных балок.

Металлические фермы с параллельными поясами можно также отнести к конструкциям балочного типа и одновременно к составным балкам. В качестве брусьев составной балки здесь подразумевают верхний и нижний пояса фермы, взаимосвязанные податливыми соединениями – решеткой фермы. Теория расчета упругих ферм, нагруженных в узлах сосредоточенными силами (и массами в динамической задаче), хорошо известна в строительной механике. Поэтому определение максимального прогиба и основной частоты колебаний ферм является достаточно простой задачей, с помощью которой можно подтвердить или опровергнуть рассматриваемую закономерность (1) для ферм с параллельными поясами и регулярной решеткой¹.

Покажем, что зависимость (1) соблюдается для шарнирно опертых однопролетных ферм с параллельными поясами на примере нескольких типов простых решеток, наиболее распространенных в металлических конструкциях (рис. 1). Вычислим прогибы однопролетных шарнирно опертых упругих ферм W_0 , нагруженных равномерно распределенной нагрузкой $q=3$ кН/м, и их основную частоту ω поперечных колебаний в ненагруженном состоянии.

Для решения поставленной задачи воспользуемся программным комплексом «SCAD». При-

¹ Рассматриваются фермы только с параллельными поясами и регулярной решеткой, поскольку в закономерности (1) используется погонная масса m постоянной величины.

нимаем пролет ферм равным 12 м, высоту – 1,5 м, длину панели – 0,75 м, поперечное сечение верхнего и нижнего поясов ферм из квадратной трубы 180×6 мм, элементов решетки – из квадратной трубы 140×6 мм. Полученные в ходе численного эксперимента данные сведем в таблицу 1.

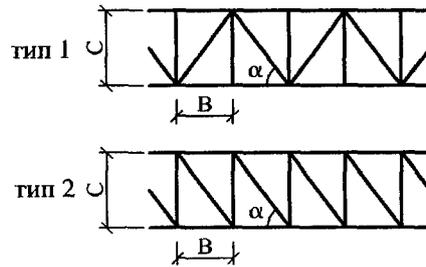


Рис. 1. Типы исследуемых решеток ферм

Таблица 1

Сопоставление произведения $W_0 \omega^2$ для однопролетных ферм

Схема фермы	Основная частота, ω (с ⁻¹)	Максимальный прогиб, W_0 (м)	Произведение $W_0 \omega^2 = \alpha \beta^4 \frac{q}{m}$	Отклонение, % от значения для шарнирно опертых балок
1	2	3	4	5
1	165,319	$1,067 \cdot 10^{-3}$	1,261	-0,6
2	159,596	$1,142 \cdot 10^{-3}$	1,258	-0,8
Значение произведения $C = \alpha \beta^4$ для шарнирно опертых балок			1,268	

Из таблицы 1 видно, что для рассмотренных расчетных схем ферм произведение $W_0 \omega^2 = \alpha \beta^4 q/m$ близко к константе, равной среднему значению для шарнирно опертых балок $C=1,268$. Таким образом, можно говорить о том, что зависимость (1) соблюдается и для шарнирно опертых однопролетных ферм с параллельными поясами.

В работе А.Р. Ржаницына [7], содержащей общую теорию расчета составных стержней, выводится уравнение изгиба составной балки, которое имеет вид:

$$y^{IV} - \lambda^2 y'' = q / \sum EI + \lambda^2 M_0 / \sum E_0 I_0. \quad (2)$$

В этом выражении:

$$\gamma = \Delta_{11} = 1/(E_1 F_1) + 1/(E_2 F_2) + c^2 / (\sum EI);$$

$$E_0 I_0 = \sum EI + (E_1 F_1 E_2 F_2 c^2) / (E_1 F_1 + E_2 F_2);$$

$$M_0 = - \int \int q dx^2;$$

$$\lambda = \sqrt{\xi \gamma}. \quad (3)$$

Приведем решение для построения функции прогибов составной балки из двух брусьев, шарнирно опертой по концам со свободными для сдвига торцами. Балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой $q=const$. Ввиду симметрии нагрузки начало координат берем в середине пролета (ℓ – половина пролета балки). Решение уравнения (2), используя введенную систему координат, имеет вид:

$$y = \frac{q \cdot ch \lambda h}{\lambda^4 D \cdot ch \lambda \ell} + \frac{5 q \ell^4}{24 E_0 I_0} + \frac{q}{D} \left(\frac{\ell^2}{2 \lambda^2} - \frac{1}{\lambda^4} \right) + \frac{q}{E_0 I_0} \left(\frac{x^4}{24} - \frac{\ell^2 x^2}{4} \right) - \frac{q x^2}{2 \lambda^2 D} =$$

$$= \frac{q}{\lambda^4 D} \left[\frac{ch \lambda \cdot x}{ch \lambda \ell} + \frac{\lambda^2}{2} (\ell^2 - x^2) - 1 \right] + \frac{q}{24 E_0 I_0} (5 \ell^2 - x^2) (\ell^2 - x^2).$$

В середине пролета ($x=0$):

$$y(0) = y_{\max} = \frac{q}{\lambda^4 D} \left[\frac{1}{ch\lambda\ell} + \frac{\lambda^2 \ell^2}{2} - 1 \right] + \frac{5q\ell^4}{24E_0 I_0}. \quad (4)$$

Сущность и алгоритм метода.

Как видно из результатов теоретических исследований А.Р. Ржаницына [7], решение задач изгиба составных стержней можно легко получить, если для них заранее известно значение параметра ξ . На практике значение этого параметра можно определить только экспериментально, причем индивидуально для каждой конструкции балки. Поскольку столь масштабные эксперименты и исследования осуществить практически невозможно из-за большой трудоемкости, то этот коэффициент назначают приближенно, исходя из накопленного опыта экспериментальных исследований различных авторов. Таким образом, на точное теоретическое решение накладываются исходные данные, взятые приближенно, причем ошибки в исходных данных могут быть весьма значительными.

Для снижения трудоемкости экспериментального определения параметра в задачах изгиба составных балок предлагается использовать вибрационный метод, основанный на функциональной закономерности (1). Поскольку основную частоту колебаний балок определяют в ненагруженном состоянии, то трудоемкость экспериментов существенно снижается.

Сущность предлагаемого способа заключается в следующем.

1. Для заданной составной конструкции балочного типа экспериментально определяется значение основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии ω .

2. По найденной величине ω , используя выражение (1), находим теоретическое значение максимального прогиба W_0 от нагрузки q .

3. Зная величину максимального прогиба W_0 , решаем уравнение (4) относительно параметра λ . Отыскав его значение, определяем по формуле (3) величину коэффициента жесткости шва φ .

Решение уравнения (4) относительно параметра λ сопряжено с некоторыми математическими трудностями. Поэтому для практического использования данный алгоритм был реализован в виде программы на языке Pascal. В качестве исходных данных для расчета вводятся следующие величины:

- пролет конструкции L (м);
- расстояние между центрами тяжести поперечных сечений верхней и нижней ветвей конструкции c (м);
- модуль упругости E (МПа), момент инерции I (см⁴) и площадь поперечного сечения A (см²) верхней и нижней ветвей конструкции;
- погонная масса m конструкции (кг);
- основная частота колебаний конструкции в ненагруженном состоянии ω (с⁻¹);

Результатом работы программы является вычисленный коэффициент жесткости ξ заданной конструкции.

Тестирование метода.

Разработанный алгоритм и программа могут быть протестированы по результатам численного исследования шарнирно-опертых стержневых ферм с параллельными поясами. В работе [7] А.Р. Ржаницыным получены выражения для определения коэффициента жесткости для решеток ферм, изображенных на рисунке 1:

$$\text{для решетки 1: } \xi = \frac{E \cdot F_p \cdot \cos^3 \alpha}{B^2}; \quad (5)$$

$$\text{для решетки 2: } \xi = \frac{E}{B^2 \cdot \left(\frac{\cos^{-3} \alpha}{F_p} + \frac{\operatorname{tg}^3 \alpha}{F_c} \right)}. \quad (6)$$

В этих выражениях: E – модуль упругости материала решетки; F_p, F_c – площадь поперечного сечения соответственно раскосов и стоек; B – длина панели; α – угол наклона раскосов к горизонтали.

Имея выражения для точного определения коэффициента жесткости рассмотренных выше решеток ферм, можно проиллюстрировать адекватность полученных с помощью разработанной программы данных, сравнивая их с вычисленными по формулам (5) и (6).

Для этого в процессе вычислений для двух типов решетки постепенно изменяем длину панелей ферм. Для каждой расчетной схемы фермы с помощью программного комплекса «SCAD» оп-

ределяем основные частоты её собственных поперечных колебаний в ненагруженном состоянии. По этим значениям, используя разработанную программу, определяем коэффициенты жесткости шва, которые сравниваем с точными значениями, полученными по формулам (5), (6). Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сопоставление значений ϕ для однопролетных ферм

Схема фермы	Отношение B/L	Основная частота, ω , определенная с помощью «SCAD» (c^{-1})	Коэффициент жесткости, определенный с помощью программы	Коэффициент жесткости, определенный с помощью формул (5) и (6)	Отклонение, % от среднего значения
1	2	3	4	5	6
1	0,04	123,149	$8,672 \cdot 10^7$	$8,543 \cdot 10^7$	1,5
	0,08	154,732	$11,790 \cdot 10^7$	$11,530 \cdot 10^7$	2,2
	0,125	165,319	$10,340 \cdot 10^7$	$10,610 \cdot 10^7$	-2,5
	0,167	166,964	$7,924 \cdot 10^7$	$8,645 \cdot 10^7$	-8,3
	0,25	158,419	$4,441 \cdot 10^7$	$5,369 \cdot 10^7$	-17,3
2	0,04	111,456	$4,594 \cdot 10^7$	$4,608 \cdot 10^7$	-0,3
	0,08	146,480	$7,415 \cdot 10^7$	$7,314 \cdot 10^7$	1,3
	0,125	159,596	$7,744 \cdot 10^7$	$7,840 \cdot 10^7$	-1,2
	0,167	162,991	$6,686 \cdot 10^7$	$7,109 \cdot 10^7$	-6,0
	0,25	156,540	$3,853 \cdot 10^7$	$4,183 \cdot 10^7$	-15,1

Из таблицы 2 видно, что значения коэффициента жесткости, полученные с использованием разработанной методики, близки к значениям этого параметра, полученным с помощью точных аналитических решений (5) и (6), в случаях малой длины панели фермы, т.е. при большом количестве связей на единицу длины шва.

Очевидно, что разработанную методику можно применять не только для конструкций, выполненных из металла, но и из других материалов при достаточно малом шаге связей. Следовательно, методика имеет особенно большие перспективы применения в железобетонных конструкциях, где (в отличие от металлических) имеются не дискретные, а «размазанные» по длине шва связи. При уменьшении числа связей ($B/L > 0,16$) методика становится непригодной для использования из-за большой неточности результатов. Большие расхождения в графах 4 и 5 объясняются нестрогим выполнением функциональной зависимости (1) при разреженных по длине шва связях.

Литература

1. Кожаринова, Л.В. Анализ работы составной балки при статических и динамических нагрузках [Текст] / Л.В. Кожаринова, А.В. Турков, П.А. Гвозков // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство», 2006. – №1-2 (9-10). – С. 8-11.
2. Коробко, В.И. Вибрационный контроль деревометаллических составных балок [Текст] / В.И. Коробко, А.В. Турков, П.А. Гвозков // Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности: Тезисы 4-ой Международной выставки и конференции. – Москва, 2005. – С. 2-9.
3. Коробко, В.И. Вибрационный способ определения жесткости составной балки переменного сечения [Текст] / В.И. Коробко, А.В. Турков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, №4, 2007. – Москва, 2007. – С. 53-56.
4. Коробко, В.И. Изопериметрический метод в строительной механике: Теоретические основы изопериметрического метода [Текст] / В. И. Коробко. – М.: Изд-во АСВ, 1997. – 396 с.
5. Коробко, В.И. Интегральная оценка качества предварительно напряженных плит перекрытия вибрационным методом [Текст] / В.И. Коробко, Н.Д. Идрисов, Г.В. Слюсарев // Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1990. – №6. – С. 104-107.
6. Коробко, В.И. Об одной "замечательной" закономерности в теории упругих пластинок [Текст] / В. И. Коробко. // Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1989. – №11. – С. 32-36.
7. Ржаницын, А.Р. Составные стержни и пластинки [Текст] / А.Р. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.

УДК 624.012.4

Докт. техн. наук, проф. С.И. Меркулов; асп. Е.А. Золотых
(Курский государственный технический университет)
Россия, г. Курск, тел. 8 (4712) 50-48-16; e-mail: kafpgs@kstu.kursk.ru

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Учёт ослаблений в конструкции, в частности, технологических проёмов для пропуска инженерных коммуникаций, подъёмников, имеет большое значение при расчёте железобетонных перекрытий. Существенная экономия стали в них при конструировании и, как следствие, снижение стоимости могут быть достигнуты при совершенствовании методов расчёта прочности и деформаций плит. Настоящая работа посвящена развитию методики расчёта железобетонных плит перекрытий с технологическими отверстиями с использованием принципиальных положений расчёта прочности и деформаций плит по деформированной схеме.

The account of easings in a construction of slabs, in particular technological holes for the engineering communications, lifts, is of great importance at reckoning of the reinforced-concrete slabs. The problem of efficient reckoning of such slabs is seriously for the saving of an armature and for the reduction of the cost of construction. The present work is devoted to development of a technique of reckoning of the reinforced-concrete slabs with the technological holes with use of basic positions of reckoning of durability and deformations of slabs under the deformed scheme.

Конструкции железобетонных плоских перекрытий, широко применяемых в промышленных и гражданских зданиях, являются наиболее металлоемкими элементами. Существенная экономия стали в них, а, следовательно, и снижение стоимости, может быть получена за счёт совершенствования методов расчёта. Одним из направлений совершенствования расчёта является учёт деформаций плит под нагрузкой и пространственной работы конструкции. Использование деформированной схемы позволяет разработать расчётный аппарат, приближающий результаты расчёта к действительной работе плит, а также позволяет достичь существенного снижения расхода материалов.

В результате исследований А.А. Гвоздев установил, что уже при критической нагрузке (теоретическая нагрузка, соответствующая текучести арматуры, подсчитанная без учёта деформированной схемы) плита провисает, при этом, хотя арматура уже течёт, плечо внутренней пары растёт по мере увеличения провеса плиты и благодаря этому становится возможным увеличение нагрузки. Таким образом, имеет место своеобразное упрочнение, зависящее уже не от материала, а от изменения схемы конструкции [2].

При действии только равномерно-распределённой нагрузки общее уравнение возможных работ можно представить в виде:

$$pV = \sum \overline{M}_i \varphi_i, \quad (1)$$

где величины \overline{M}_i рассчитываются с учётом увеличения плеч внутренних сил за счёт прогибов, изменения формы и высоты сжатых зон вдоль линий излома [1].

Если процент армирования относительно небольшой, сжатая зона сохраняется лишь у наружного контура, а в центре плиты сечения становятся полностью растянутыми – 1-й случай работы плит с жёсткими дисками (рис. 1, а); 2-й случай работы плит с жёсткими дисками предполагает, что сжатая зона сохраняется по всем линиям излома (см. рис. 1, б).

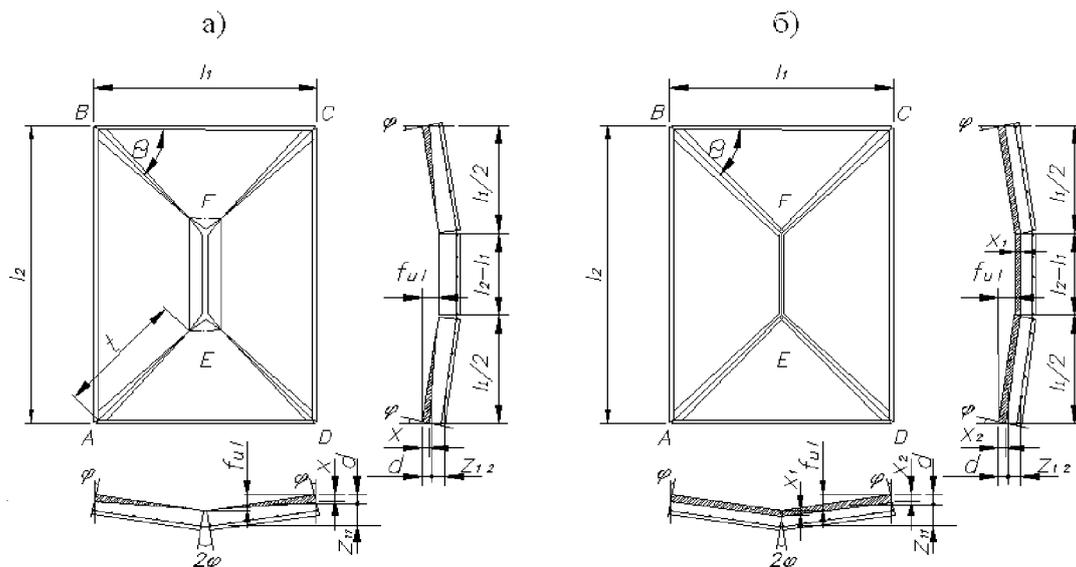


Рис. 1. Деформированная схема свободно опёртой по контуру плиты: а - сквозное растяжение в центре; б - сжатая зона по всем линиям излома

После определения высоты сжатой зоны и координаты её центра тяжести плечи внутренних сил деформированных сечений плиты для арматуры направления l_1 , пересекающей линию излома EF:

$$z_1 = h_{01} + f_{ul} - d ; \quad (2)$$

для арматуры направления l_1 , пересекающей линии излома AE...DE:

$$z_{12} = h_{01} + 0,5f_{ul} - d ; \quad (3)$$

для арматуры направления l_2 :

$$z_2 = h_{02} + 0,5f_{ul} - d . \quad (4)$$

В соответствии с [2] предельные моменты внутренних сил: на линии излома EF:

$$\overline{M}_1 = N_{s11}z_1 ; \quad (5)$$

на линиях излома AE...DE:

$$\overline{M}_2 = \frac{\sqrt{2}}{4}(N_{s12}z_{12} + N_{s2}z_2) , \quad (6)$$

где $N_{s11} = R_{s1}A_{s11}$ - равнодействующая усилий в арматуре направления l_1 в сечении EF; $N_{s12} = R_{s1}A_{s12}$ - то же в остальной части сечения; $N_{s2} = R_{s2}A_{s2}$ - то же в арматуре направления l_2 .

Несущая способность прямоугольных плит при равномерно-распределённой по площади нагрузке p определяется правой частью выражения [2]:

$$p \leq \frac{24(\overline{M}_1 + 2\sqrt{2}\overline{M}_2)}{l_1^2(3l_2 - l_1)} = p_{ul} . \quad (7)$$

Основная идея приближённого расчёта прогиба плит, предложенная А.А. Гвоздевым, заключалась в следующем: расчет прогибов плит, опёртых по контуру в стадии после образования трещин, вести, применяя линейную интерполяцию между точками, отвечающими прогибу при образовании трещин f_{crc} и прогибу при достижении текучести арматуры f_{ul} с нагрузками соответственно q_{crc} и q_{ul} по формуле:

$$f = f_{crc} + (f_{ul} - f_{crc}) \frac{q - q_{crc}}{q_{ul} - q_{crc}}, \quad (8)$$

где q - нагрузка, от которой определяется прогиб f .

Для полной гарантии безопасности расчёта вводится условие ограничения, при котором величина рассчитываемого прогиба f_{ul}^{th} при любых условиях не должна превышать регламентированной допустимой величины f_{ul}^{lim} :

$$f_{ul}^{th} \leq f_{ul}^{lim}. \quad (9)$$

На основе экспериментальных данных величина ограничения предельных прогибов составила:

$$f_{ul}^{lim} = 2 \cdot 10^{-5} \gamma^2 l_1, \quad (10)$$

где $\gamma = \frac{l_1}{h}$ - относительная гибкость плит.

Учёт ослаблений в конструкции, в частности, технологических проёмов для пропуска инженерных коммуникаций, подъёмников, имеет большое значение при расчёте перекрытий. В сборном перекрытии наличие проёмов можно обеспечить отсутствием одной или нескольких плит, либо установкой плиты с заранее изготовленным отверстием. Однако отсутствует чёткий алгоритм расчёта и конструирования таких плит с применением современных методик. Поэтому разработка этого алгоритма представляется актуальной в свете современных требований к проектным решениям в плане экономии материалов.

Предлагаемая ниже методика расчёта плит, ослабленных технологическими отверстиями, базируется на классических принципах теории предельного равновесия с введением поправок, позволяющих учитывать пространственную работу конструкции и деформации плит под нагрузкой.

1. Предварительный подбор рабочей арматуры в сплошной плите по формулам, предложенным В.С. Зыряновым [2]:

$$A_{s1} = \frac{(3\lambda - 1) \cdot \lambda \cdot q \cdot \gamma_n \cdot l_1^3 \cdot k_{sp}}{24 \cdot (\lambda + m) \cdot R_{s1} \cdot h_{01}} \text{ и } A_{s2} = \frac{(3\lambda - 1) \cdot m \cdot q \cdot \gamma_n \cdot l_1^3 \cdot k_{sp}}{24 \cdot (\lambda + m) \cdot R_{s2} \cdot h_{02}}, \quad (11)$$

где $\lambda = \frac{l_2}{l_1}$ - отношение длинного и короткого расчётных пролётов; m - коэффициент; k_{sp} - коэффициент,

учитывающий влияние пространственной работы и концентрации арматуры в центре плит.

2. Для плит, ослабленных технологическими проёмами, предлагается исключить из расчёта прочности конструкции ту часть арматуры, которая пересекается контурами отверстия. Таким образом, учитываемая площадь сечения составит:

$$A_{s1}^0 = A_{s1} - \frac{A_{s1}}{l_1} \cdot l_{1омв}; \quad (12)$$

$$A_{s2}^0 = A_{s2} - \frac{A_{s2}}{l_2} \cdot l_{2омв}, \quad (13)$$

где l_1 и l_2 - размеры плиты; $l_{1омв}$ и $l_{2омв}$ - размеры отверстия, параллельные соответствующим сторонам плиты.

3. Определение предельной разрушающей нагрузки по деформированной схеме:

$$q_{ul}^{sp} = \frac{24 \cdot (\overline{M_1'} + \overline{M_2'})}{l_1^2 \cdot (3l_2 - l_1)}, \quad (14)$$

$$\text{где } \overline{M_1'} = R_{s1} A_{s1}^0 \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) z_1'; \quad (15)$$

$$\overline{M_2'} = R_{s1} A_{s1}^0 \frac{1}{\lambda} z_{12}' + R_{s2} A_{s2}^0 z_2' . \quad (16)$$

Здесь плечи внутренних сил рассчитываются с учётом изменения геометрии плит под нагрузкой:

$$z_1' = h_{01} + f_{ul} - d ; z_{12}' = h_{01} + \frac{f_{ul}}{2} - d \text{ и } z_2' = h_{02} + \frac{f_{ul}}{2} - d , \quad (17-19)$$

где f_{ul} - предельный прогиб плиты, определяемый с обязательной проверкой условия (9);

$$d = \frac{f_{ul} + x}{3} \quad (20)$$

расстояние от верха плиты до центра тяжести зон.

4. Проверка выполнения условия:

$$q_{ul}^{sp} \geq q_{ul} . \quad (21)$$

Необходимо стремиться к равенству этих двух значений, поэтому при значительном превышении q_{ul}^{sp} требуется уменьшить сечение рабочей арматуры.

5. В случае выполнения условия, представленного в п. 4, проверка конструкции по второй группе предельных состояний с использованием методики расчёта сплошных плит по деформациям и завершение расчёта, иначе - увеличение армирования за счёт установки дополнительных стержней по контуру отверстия.

Разработанный теоретический аппарат даёт возможность расчёта свободно опёртых по сторонам железобетонных плит перекрытий с технологическими проёмами с учётом деформаций плит под нагрузкой и пространственной работы конструкции. За счёт этого в ряде случаев имеется возможность существенного снижения расхода материалов без снижения надёжности проектирования.

Литература

1. Голышев, А.Б. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие [Текст] / А.Б. Голышев, В.Я. Бачинский. – Киев: «Будівельник», 1985. – 496 с.
2. Зырянов, В.С. Пространственная работа железобетонных плит, опёртых по контуру [Текст] / В.С. Зырянов. – Москва: ОАО ЦНИИЭП жилых и общественных зданий, 2002. – 107 с.

УДК 624

Канд. техн. наук, доц. А.В. Турков; канд. техн. наук, доц. А.П. Юров
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 76-39-92; e-mail: ftis_dec@ostu.ru

ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ПРОГИБЫ ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Рассматривается взаимосвязь поперечных колебаний балок на упругом основании и их прогибов при статических нагрузках в зависимости от коэффициента постели упругого основания. Расчетная схема таких балок приведена на рисунке 1.

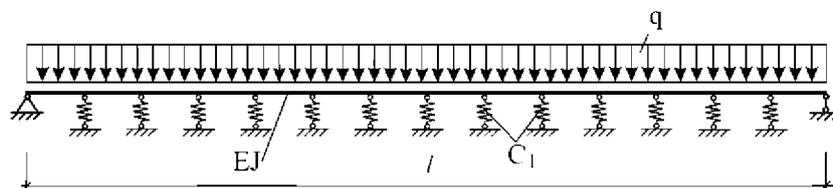


Рис. 1. Расчетная схема балки на упругом основании

В качестве расчетной конструкции были приняты балки со следующими сечениями и пролетами из стали и бетона (таблица 1).

Таблица 1

Сечения, пролеты и материалы расчетных балок

Конструктивная схема балки	Материал балки	Сечение $b \times h$ (м)	Пролет L (м)
Б-1	Сталь	Двутавр №50	6
Б-2	Бетон В15	0,4×0,6	6
Б-3	Бетон В15	0,8×0,3	6

Исследования проводились методом конечных элементов. Балки разбивались на 20 конечных элементов. Все расчеты проводились в предположении упругой работы материала. В качестве материала железобетонных балок принимался тяжелый бетон класса В15 объемным весом 25 кН/м^3 . Равномерно-распределенная нагрузка принималась равной $2,0 \text{ кН/м}^2$, сосредоточенные массы для динамического расчета прикладывались в узлах, а их интенсивность вычислялась от собственного веса балки в соответствии с грузовой площадью узла.

В процессе исследования изменялся коэффициент постели упругого основания C_1 от 0 кН/м^3 до 10^8 кН/м^3 . Для всех конструктивных схем балок расчеты проводились при трех граничных условиях: обе опоры шарнирные; одна опора шарнирная, вторая – жесткая заделка; обе опоры – жесткие заделки.

По результатам расчета построены график изменения круговой частоты основного тона собственных поперечных колебаний ω и прогибов от статической нагрузки W_0 (рис. 2) двутавровой стальной балки и железобетонной балки сечением $b \times h = 400 \times 600$ мм (рис. 3), а также график изменения коэффициента C (рис. 4) для двутавровой балки.

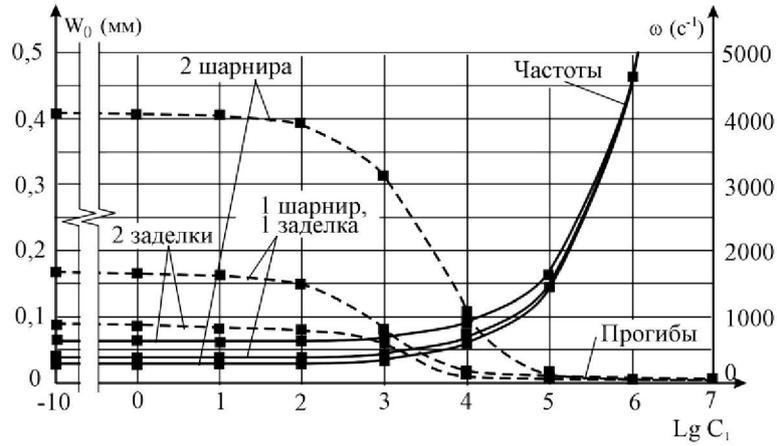


Рис. 2. Изменение частот собственных колебаний и прогибов от статической нагрузки в зависимости от коэффициента постели упругого основания для двутавровой стальной балки

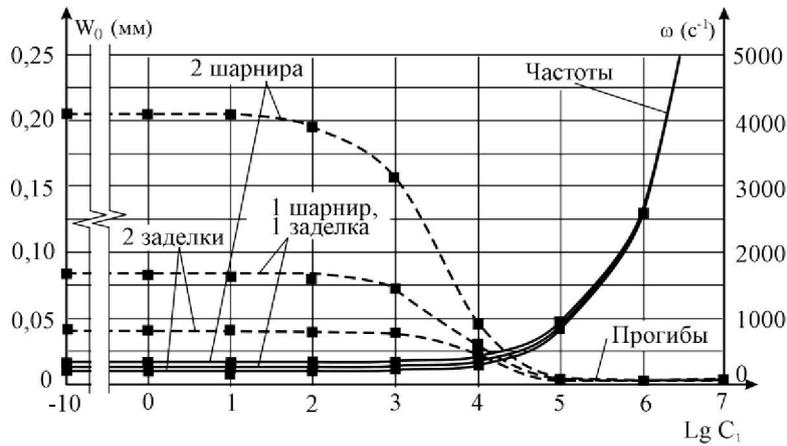


Рис. 3. Изменение частот собственных колебаний и прогибов от статической нагрузки в зависимости от коэффициента постели упругого основания для железобетонной балки сечением $b \times h = 400 \times 600$ мм

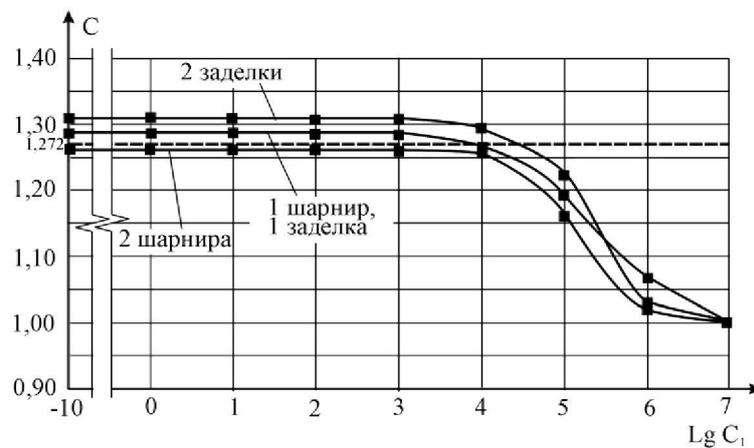


Рис. 4. Изменение коэффициента C в зависимости от коэффициента постели упругого основания для двутавровой стальной балки

Характер изменения частот поперечных колебаний и прогибов железобетонной балки сечением $b \times h = 800 \times 300$ мм аналогичен приведенным на рисунках 2 и 3. Можно отметить, что наиболее значительные изменения этих параметров балок начинаются с величины коэффициента постели упругого основания $C_1 > 10^2$ кН/м³ независимо от сечения и материала конструкций. Частоты поперечных колебаний и прогибы, вычисленные аналитически при коэффициенте постели упругого основания $C_1 = 0$ (что практически означает свободно лежащую однопролетную балку, работающую без сопротивления колебаниям и перемещениям со стороны упругого основания) с точностью до 2,5% повторяют результаты численных расчетов.

Коэффициент C , связывающий максимальные прогибы балок и частоты поперечных колебаний зависимостью

$$W_0 \cdot \omega^2 = 1,272 \cdot q/m = C \cdot q/m, \quad (1)$$

для железобетонных балок практически повторяет график изменения коэффициента для двутавровой стальной балки. Значения коэффициентов C при $C_1 < 10^4$ кН/м³ изменяются в пределах $\pm 2,5\%$, а при $C_1 < 10^5$ кН/м³ – в пределах - 7,5% от теоретического значения $C = 1,272$. При больших значениях коэффициента постели упругого основания разница между теоретическим значением C и полученными по результатам численного исследования составляет более 15%. Можно предположить, что на очень жестких основаниях фундаментальный закон, связывающий квадрат круговой частоты поперечных колебаний и прогибов от статической нагрузки, перестает действовать.

УДК 621.01-192

Докт. техн. наук, проф. В.С. Уткин; асп. Н.Л. Галаева
(Вологодский государственный технический университет)
Россия, г. Вологда, тел. 8 (8172) 72-46-45; e-mail: pgs@mh.vstu.edu.ru

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ СЖАТОГО СТЕРЖНЯ В СОСТАВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ПО КРИТЕРИЮ УСТОЙЧИВОСТИ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Рассмотрена методика расчета надежности сжатого элемента в составе стальной фермы по критерию устойчивости комбинированным методом, в котором один параметр математической модели предельного состояния представлен случайной величиной, с полной статистической информацией, а другой параметр - возможностной величиной с ограниченной статистической информацией. Приведены примеры расчетов комбинированным методом.

The design procedure of reliability of the compressed element in structure of a steel farm by criterion of stability by the combined method in which one parameter of mathematical model of a limiting status is presented by a random variable, with the full statistical information, and other parameter an opportunity in size with the limited statistical information is considered. Examples of calculations are resulted by the combined method.

Надежность металлических ферм по различным критериям определяется надежностью отдельных ее стержней и узловых соединений, как сложной механической системы, а также ее структурной схемой (последовательной, параллельной, смешанной). Наиболее сложной является задача расчета надежности сжатых стержней в составе фермы по критерию устойчивости. Математическую модель предельного состояния по этому критерию можно записать в простейшем виде:

$$\tilde{F}_{\text{экс}} \leq \tilde{F}_{\text{кр}}. \quad (1)$$

Значения эксплуатационных нагрузок на стержень (усилий) $F_{\text{экс}}$ находят по результатам мониторинга за нагрузкой на всю ферму и расчетами по определению усилий в стержнях и узловых соединениях (в сварных швах) методами строительной механики. Значения критической силы $F_{\text{кр}}$ для сжатого стержня находят расчетом с измерением контролируемых параметров для отдельного стержня. Вид этого расчета зависит от гибкости стержня λ . Для стальных ферм при $\lambda < (40 \div 50)$ критическое напряжение $\sigma_{\text{кр}}$ можно принять равным пределу текучести σ_T [1] и тогда

$$F_{\text{кр}} = \sigma_T A. \text{ При значении гибкости } \lambda > \lambda_{\text{нр}} \text{ можно использовать формулу Эйлера } F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EI_{\text{мин}}}{(\mu l)^2}.$$

Так для строительных сталей можно принять [1] $\lambda_{\text{нр}} = 100$. В интервале значений $50 \leq \lambda \leq 100$ по [1] критическое напряжение $\sigma_{\text{кр}}$ находится по эмпирической формуле Ясинского $\sigma_{\text{кр}} = a - b\lambda$. Для строительных сталей можно принять $a=310$ МПа, $b=1,14$ МПа. Рассмотрим методику расчета надежности для двух значений гибкостей, а именно $\lambda_1 > 100$ и $50 \leq \lambda_2 \leq 100$.

1. Известно, что при $\lambda_1 > 100$ $F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$ и модель предельного состояния (1) с учетом изменчивости базовых параметров можно записать в виде:

$$\tilde{F}_{\text{экс}} \leq \frac{\pi^2 EI}{(\tilde{\mu} l)^2} = \tilde{F}_{\text{кр}}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости стали в конструкции. При современных методах определения E , отличающихся высокой точностью и соответственно малым значением коэффициента вариации $\nu_E \approx 0,03$ [2], можно принять модуль упругости E детерминированной величиной; I и l также удастся определить элементарными измерениями для одного и того же стержня с малым рассеянием и принять их детерминированными. Со значительными трудностями связано выявление значения коэффициента приведенной длины сжатого стержня в составе фермы μ . Его точные значения известны только для частных (идеализированных) способов закрепления концов стержня [1]. В условиях работы стержня в составе фермы значение μ установить практически невозможно. В то же время граничные значения его можно принять для всех сжатых стержней фермы от $\mu=1$ до $\mu=0,5$. Истинное значение μ находится внутри интервала $[0,5; 1]$. Будем рассматривать μ в виде множества $\{\mu\}$ с $\mu_{\min} = 0,5$ и $\mu_{\max} = 1$. В связи с ограниченностью статистической информации о параметре μ будем его относить к нечетким переменным (в понятиях теории возможностей [3]). В связи с этим $\tilde{F}_{кр}$ также будет нечеткой переменной. Примем для нее известными только два значения: $F_{кр\min}$, соответствующее значению $\mu_{\max} = 1$ (шарнирное закрепление концов стержня) и $F_{кр\max}$, соответствующее значению $\mu_{\min} = 0,5$ (зашемление концов стержня).

Для описания $\tilde{F}_{кр}$, как нечеткой переменной, примем функцию распределения возможностей (ФРВоз) по [3, 4, 5] в виде:

$$\pi_{\tilde{F}_{кр}}(F_{кр}) = e^{-\left[\frac{(F_{кр} - a_{F_{кр}})^2}{\sigma_{F_{кр}}^2}\right]}, \quad (3)$$

где $a_{F_{кр}} = (F_{кр\max} + F_{кр\min}) / 2$, $\sigma_{F_{кр}} = (F_{кр\max} - F_{кр\min}) / (2\sqrt{-\ln \alpha})$, $\alpha \in [0, 1]$. Значением α - уровнем среза (риска) задаются [6]. Значения нагрузки и изменчивость эксплуатационной нагрузки на ферму можно установить многократными измерениями нагрузки на ферму в процессе эксплуатации. Значения усилия $\tilde{F}_{экс}$ для отдельного сжатого стержня можно выявить по результатам расчетов от нагрузки на ферму и рассматривать как случайную величину в связи с полной информацией о ней. Принятый закон распределения $\tilde{F}_{экс}$ можно проверить как гипотезу по критериям согласия (Пирсона, Колмогорова-Смирнова и др.). Предположим, что в результате анализа воздействий на ферму и расчетов установлен нормальный (гауссовский) закон распределения случайной величины \tilde{F} . В этом случае модель (2) будет содержать случайные \tilde{F} и нечеткие $\tilde{F}_{кр}$ базовые параметры. Расчет надежности стержня по модели (2) в этом случае осуществляется комбинированным методом [7].

Для представленной задачи его сущность заключается в том, что используются формулы для определения нижнего \underline{P} и верхнего \bar{P} значений вероятностей безотказной работы стержня [7] по критерию устойчивости вида:

$$\left. \begin{aligned} \underline{P} &= 1 - \int_0^{a_y} \rho_X(x) \pi_Y(x) dx - \int_{a_y}^{\infty} \rho_X(x) dx \\ \bar{P}_Y(x) &= 1 - \int_{a_y}^{\infty} \rho_X(x) (1 - \pi_Y(x)) dx \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где $\rho_X(x) = \rho_r(x)$ - плотность вероятности распределения случайной величины (нагрузки) $\tilde{F} = X$. $\pi_Y(x)$ - ФРВоз прочности $\tilde{F}_{кр} = Y$.

Если $\tilde{F} = X$ изменяется по нормальному закону, то $\rho_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S_X} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2S_x^2}}$. Для $Y = \tilde{F}_{кр}$

можно принять по [4, 5] ФРВоз вида $\pi_Y(x) = e^{-[(x-a_Y)/e_Y]^2}$, т.е. аналогичной (3).

Рассмотрим пример. Пусть известны математическое ожидание (среднее) $m_{F_{экс}} = 100$ кН, среднее квадратическое отклонение $S_F = 10$ кН и будем считать, что применимо для $\tilde{F}_{экс}$ нормальное распределение с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Для $\tilde{F}_{кр}$ известны значения параметров ФРВоз $a_{F_{кр}} = 130$ кН и $b_{F_{кр}} = 20$ кН, полученных расчетом по [4, 5] с учетом (3) при $\mu = 0,5$ и $\mu = 1$ из множества $\{\mu\}$ для сжатого стержня. Найдем вероятность события $\tilde{F} \leq \tilde{F}_{кр}$, т.е. надежность стержня по критерию устойчивости в виде двух мер.

$$\underline{P} = 1 - \int_0^{130} \frac{1}{\sqrt{2\pi}10} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 10^2}} e^{-\left(\frac{x-130}{20}\right)^2} dx - \int_{130}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}10} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 10^2}} dx = 0,81777;$$

$$\bar{P} = 1 - \int_{130}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}10} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 10^2}} (1 - e^{-\left(\frac{x-130}{20}\right)^2}) dx = 0,99995.$$

Надежность характеризуется интервалом [0,81777; 0,99995]. Истинная надежность находится внутри данного интервала.

2. Рассмотрим случай, в котором $50 \leq \lambda \leq 100$ и найдем по новой математической модели предельного состояния вероятность события

$$\tilde{\sigma} \leq \sigma_{кр} = a - b\tilde{\lambda}, \quad (5)$$

где по [1] примем $a = 310$ МПа, $b = 1,14$ МПа.

$$\tilde{\lambda} = \frac{\tilde{l}_p}{i_{\min}} = \frac{\tilde{\mu}l}{\sqrt{I_{\min}/A}},$$

где I_{\min} - минимальный момент инерции и A - площадь поперечного сечения стержня; l - длина стержня.

По результатам измерений можно принять для конкретного стержня l , A , l детерминированными величинами. Как и в предыдущем примере $\tilde{\mu}$ придется принять нечеткой переменной с

ФРВоз типа (3). Напряжение $\tilde{\sigma} = \frac{\tilde{F}}{A}$ будет случайной величиной, если удастся получить для \tilde{F}

полную статистическую информацию, что обсуждалось в первом варианте расчета данной работы. Расчет надежности в этом случае можно проводить комбинированным методом, рассмотренным в

[7], вводя обозначения $X = \tilde{\sigma} = \frac{\tilde{F}}{A}$, $Y = \tilde{\sigma}_{кр}$. Если статистическая информация по нагрузке на

ферму и соответственно по усилию в стержне фермы \tilde{F} будет неполной (ограниченной), то расчет надежности стержня проводится известным [4, 5 и др.] возможным методом. Рассмотрим пример расчета надежности стержня для модели (5) комбинированным методом с учетом того, что статистическая информация о \tilde{F} полная.

Пусть известны математическое ожидание (среднее) $m_{\sigma} = 100$ МПа, среднее квадратическое отклонение $S_{\sigma} = 8$ МПа. Для $\tilde{\sigma}_{кр}$ известны значения параметров ФРВоз $a_{\sigma_{кр}} = 125$ МПа и $b_{\sigma_{кр}} = 20$ МПа. Найдем вероятность события $\tilde{\sigma} \leq \tilde{\sigma}_{кр}$, т.е. надежность сжатого стержня по критерию устойчивости в виде двух мер.

$$\underline{P} = 1 - \int_0^{125} \frac{1}{\sqrt{2\pi}8} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 8^2}} e^{-\left(\frac{x-125}{20}\right)^2} dx - \int_{125}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}8} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 8^2}} dx = 0,73352;$$

$$\overline{P} = 1 - \int_{125}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}8} e^{-\frac{(x-100)^2}{2 \times 8^2}} (1 - e^{-\left(\frac{x-125}{20}\right)^2}) dx = 0,99998.$$

Надежность стержня будет характеризоваться интервалом [0,73352; 0,99998].

Рассмотренные примеры можно было решить возможностными методами [4, 5], приняв $\tilde{F}_{\text{экс}}$ и $\tilde{\sigma}$ нечеткими переменными, что неизбежно приходится делать при ограниченной статистической информации о $\tilde{F}_{\text{экс}}$ и \tilde{F} , но в этом случае оценка надежности получается более размытой по сравнению с рассмотренным комбинированным методом, т.е. с более широким интервалом.

Выводы.

1. Предложена новая методика расчета надежности сжатых стержней в составе фермы комбинированным методом по критерию устойчивости.
2. Надежность стержня характеризуется интервалом с нижними и верхними значениями вероятности безотказной работы.

Литература

1. Смирнов, А.Ф. Соппротивление материалов [Текст] / А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Н.Н. Монахов и др. – Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 480 с.
2. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике [Текст] / Перевод с фр. Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
3. Аугусти, Г. Вероятностные методы в строительном проектировании [Текст]. / Г. Аугусти, А. Баратта, Ф. Кашиати. – М.: Стройиздат, 1988. – 580 с.
4. Уткин, В.С. Определение надежности строительных конструкций [Текст]: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. / В.С.Уткин, Л.В. Уткин. – Вологда: ВоГТУ, 2000. – 175 с.
5. Уткин, В.С. Несущая способность и надежность строительных конструкций [Текст] / В.С. Уткин, Л.В. Уткин. – Вологда: ВоГТУ, 2000. – 152 с.
6. Уткин, В.С. Значение уровня риска в теории возможностей [Текст] // Строительные материалы, 2004. – №8. – С.35.
7. Уткин, В.С. Определение надежности элементов по критерию прочности при вероятностных и возможностных базовых параметрах в математической модели предельного состояния [Текст] / В.С. Уткин, О.С. Плотникова, Н.Л. Галаева // Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции. Известия ОрелГТУ. – № 4/16 (538) 2007. – С. 86-90.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 504.056

*Канд. геогр. наук, ст. научный сотрудник А.С. Эштетейн
(Национальный институт развития ООН РАН)*

Россия, г. Москва

Канд. техн. наук, доц. Н.В. Бакаева; студ. Н.А. Попова

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ ВПО

В настоящей статье рассматриваются вопросы оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности учреждений высшего профессионального образования с позиций действующей нормативной базы. Выполнен сопоставительный анализ затрат на осуществление мероприятий защиты и возможного ущерба от возникновения пожара на примере учебного корпуса одного из университетов.

The questions concerning the estimation of the action, efficiency on the increasing of the higher schools building safety from the standpoint of the normative bases are considered. The expenditures for the protection actions and the possible damage in the fire case on the example of one of the university buildings are analyzed.

Вопросы обеспечения безопасности и, в частности, объектов образования в последние десятилетия занимают все большее внимание государственных органов, проектных организаций, ученых и других специалистов. На сегодняшний день выявлены и изучены основные факторы риска, характерные для объектов системы ВПО, составлена их классификация и проведена систематизация перечня опасностей и угроз [1].

Доминирующими опасностями для системы образования по-прежнему остаются пожары. Всего пожаров в прошедшем 2007 году в России было зарегистрировано почти 152 тысячи, в результате которых погибли свыше 10 тысяч человек. Количество пожаров на объектах образования за последние четыре года снизилось в два раза, а погибших людей - почти в десять раз¹ благодаря системной работе в этом вопросе.

Концепция противопожарной защиты зданий и сооружений в отечественных нормативных документах [2-5 и др.] основывается главным образом на детерминированном подходе [6], в соответствии с которым объекты защиты распределяются по степени опасности, назначаемой по параметру, характеризующему последствия воздействия пожара или взрыва. В условиях современных вызовов все чаще отечественные и зарубежные авторы склоняются к гибкому нормированию требований пожарной безопасности, основанному на вероятностном подходе [6]. Среди отечественных нормативных документов такой подход в некоторой мере реализуется ГОСТом 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» [2]. Этим стандартом установлена допустимая вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей в течение одного года, которая в

¹ По данным, представленным на заседании Общественного совета при Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 31 октября 2007 г.

большинстве случаев равна 10^{-6} . Однако практическое применение указанного требования затруднено по двум причинам: с одной стороны, нет прогноза наступления пожаров в отдельно взятых отраслях, а, с другой стороны, нет информации об уровне защищенности зданий и сооружений, в том числе и образовательного назначения, в соответствии с действующими нормативными документами.

В этой связи в рамках выполнения НИР по проекту «Разработка концепции обеспечения безопасности объектов системы высшего профессионального образования и целевой программы предупреждений и защиты от чрезвычайных и кризисных ситуаций» [1] был проведен экспресс-опрос об уровне защиты учреждений ВПО субъектов Российской Федерации. Результаты исследований показали, что на сегодняшний день среди учреждений ВПО (было обследовано 156 вузов) отсутствуют объекты с удовлетворительной системой обеспечения безопасности в соответствии с действующими нормами.

Повышение уровня безопасности на объектах образования до требований нормативных документов реализуется осуществлением программных мероприятий защиты. С этих позиций мероприятия защиты включают: проведение мониторинга защищенности зданий и сооружений, оценку текущего состояния безопасности, сопоставление с нормативным уровнем безопасности, принятие управленческих решений в части единовременных затрат на доукомплектацию недостающим оборудованием с целью доведения уровня безопасности до нормативного. При этом необходимо учитывать также затраты на установку и монтаж оборудования, его эксплуатацию, включая профилактический, текущий и капитальный ремонт и на обучение персонала.

В основе оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности учреждений ВПО лежит сопоставление затрат, необходимые для достижения минимального уровня безопасности, регламентируемого действующей нормативной базой, с вероятной оценкой ущерба от наступления чрезвычайного события, например, пожара. При сопоставлении затрат на программные мероприятия защиты учреждений ВПО и возможного ущерба требуется:

- оценить фактический уровень ведомственной безопасности в соответствии с требованиями нормативной базы и предстоящие затраты для достижения уровня безопасности, гарантируемого государством;
- соизмерить предстоящие затраты на повышение ведомственной безопасности с экономией на возмещении материального и морального ущерба от снижения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций.

Главным критерием оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности вузов является соблюдение следующего глобального критерия эффективности средств - максимум вклада затрат на повышение безопасности вузов с учетом мультипликативного и синергетического эффекта на всех уровнях управления при реально ожидаемых ресурсах.

Определим фактический и намечаемый уровни ведомственной безопасности учреждений ВПО с учетом реализации мероприятий защиты для их повышения в рамках требований нормативной базы.

Предстоящие вложения для осуществления программных мероприятий j в ведомственную безопасность h -го типа в i -м вузе y -го профиля в r -м городе B_{hiyr} , необходимые для обеспечения безопасности в соответствии с действующими нормами, определяются по формуле:

$$B_{hiyr} = L_{hiyrt}^{fb} \cdot d_{hiyrt}^f + L_{jhiyr}, \quad (1)$$

где L_{hiyrt}^{fb} - оценка фактической балансовой стоимости оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе y -го профиля в городе r в t -ом году; d_{hiyrt}^f - оценка фактического физического и морального износа оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе y -го профиля в городе r в t -ом году; L_{jhiyr} - оценка стоимости недостающего оборудования с учетом стоимости монтажа и подготовки персонала системы безопасности h -го типа в i -ом вузе y -го профиля в городе r в текущих ценах для 100-процентного уровня ведомственной безопасности.

Прямое суммирование основных фондов с инвестициями, приведенное в формуле (1), не может считаться корректным. Но практически, в условиях высочайшей неопределенности всей ис-

пользуемой информации, вряд ли есть более приемлемый подход для установления какого-то базового показателя, по отношению к которому можно было бы устанавливать какие-то сопоставимые оценки уровня ведомственной безопасности рассматриваемых объектов.

Фактический уровень ведомственной безопасности h -го типа в i -м вузе $у$ -го профиля в r -м городе в отчетном (базовом) году B_{hiyr}^f определяется по формуле:

$$B_{hiyr}^f = \frac{L_{hiyrt}^{fb} \cdot d_{hiyrt}^f}{L_{hiyrt}^{fb} \cdot d_{hiyrt}^f + L_{jhiyr}}, \quad (2)$$

где L_{hiyrt}^{fb} - оценка фактической балансовой стоимости оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в t -ом году; d_{hiyrt}^f - оценка фактического физического и морального износа оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в t -ом году; L_{jhiyr} - оценка стоимости недостающего оборудования с учетом стоимости монтажа и подготовки персонала системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в текущих ценах для 100-процентного уровня ведомственной безопасности.

Намечаемый уровень ведомственной безопасности h -го типа в i -м вузе $у$ -го профиля в r -м городе в t -ом году B_{hiyrt} определяется по формуле:

$$B_{hiyrt} = \frac{(L_{hiyrt}^{fb} \cdot d_{hiyrt}^f + L_{hiyrt})}{(L_{hiyrt}^{fb} \cdot d_{hiyrt}^f + L_{hiyr})}, \quad (3)$$

где L_{hiyrt}^{fb} - оценка фактической балансовой стоимости оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в t -ом году; d_{hiyrt}^f - оценка фактического физического и морального износа оборудования системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в t -ом году; L_{hiyrt} - оценка стоимости недостающего оборудования с учетом стоимости монтажа и подготовки персонала системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в t -ом году в текущих ценах для 100-процентного уровня ведомственной безопасности; L_{hiyr} - оценка стоимости недостающего оборудования с учетом стоимости монтажа и подготовки персонала системы безопасности h -го типа в i -ом вузе $у$ -го профиля в городе r в текущих ценах для 100-процентного уровня ведомственной безопасности.

Прямой материальный ущерб от чрезвычайного события Z в i -м вузе $у$ -го профиля в r -м городе Q_{iyr}^{pr} определяется по формуле:

$$\sum Q_{iyr}^{pr} = C_{iyr}^{ogr} \cdot S_{iyr}^{ogr} + C_{iyr}^{vn} \cdot S_{iyr}^{vn} + C_{iyr}^{pol} \cdot S_{iyr}^{pol} + C_{iyr}^{pot} \cdot S_{iyr}^{pot} + C_{iyr}^{okon} \cdot S_{iyr}^{okon} + C_{iyr}^{dv} \cdot S_{iyr}^{dv} + C_{iyr}^{texn} + C_{iyr}^{inf}, \quad (4)$$

где S_{iyr}^{ogr} - площадь поврежденных ограждающих конструкций в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе при чрезвычайном событии Z ; S_{iyr}^{vn} - площадь поврежденных внутренних перегородок в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе при чрезвычайном событии Z ; S_{iyr}^{pol} - площадь поврежденного пола в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе; S_{iyr}^{pot} - площадь поврежденных потолков в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе; S_{iyr}^{okon} - площадь разбитых окон в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе; S_{iyr}^{dv} - площадь поврежденных дверей в i -ом вузе $у$ -го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{ogr} - стоимость восстановления 1 м² поврежденных ограждающих конструкций в вузе i $у$ -го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{vn} - стоимость восстановления 1 м² поврежденных внутренних перегородок в вузе i $у$ -го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{pol} - стоимость восстановления 1 м² поврежденного пола в вузе i $у$ -го профиля в r -ом городе;

де; C_{iyr}^{pot} - стоимость восстановления 1 м^2 поврежденных потолков в вузе i у-го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{okon} - стоимость восстановления 1 м^2 разбитых окон в вузе i у-го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{dv} - стоимость восстановления 1 м^2 поврежденных дверей в вузе i у-го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{texn} - стоимость возмещения уничтоженной техники и оборудования в вузе i у-го профиля в r -ом городе; C_{iyr}^{inf} - стоимость возмещения уничтоженной информации в вузе i у-го профиля в r -ом городе.

Прямой суммарный вузовский эффект от затрат на повышение ведомственной безопасности h в i -ом вузе u -го профиля в городе r :

$$\sum E_{hiyr}^{pr} = Q_{iyr} \cdot P_{jhiyr}^f - Q_{iyr} \cdot P_{jhiyr}^t - E_{jhiyr}, \quad (5)$$

где P_{jhiyr}^f - вероятность наступления события $Z\gamma$ при существующем уровне ведомственной и комплексной безопасности в вузе i у-го профиля в городе r ; P_{jhiyr}^t - вероятность наступления события $Z\gamma$ при повышении ведомственной и комплексной безопасности внедрением мероприятия j безопасности h в вузе i у-го профиля в городе r ; Q_{iyr} - суммарный ущерб от чрезвычайного события $Z\gamma$ в i -ом вузе u -го профиля в r -м городе; E_{jhiyr} - суммарные затраты в мероприятие j для повышения комплексной безопасности h вуза i у-го профиля в городе r с учетом установки и эксплуатации.

Используя настоящий алгоритм, произведем оценку фактического уровня пожарной безопасности на примере одного из учебных корпусов Орловского государственного университета. Учитывая то обстоятельство, что затраты на реализацию программных мероприятий обеспечения безопасности в соответствии с требованиями нормативной базы достаточно близки или сопоставимы друг с другом, то количественная их оценка может быть интерпретирована и на другие учебные заведения.

Исходные данные для расчета были получены по результатам экспресс-опроса в ходе реализации одного из этапов работы по научному проекту [1]. Общая площадь учебного корпуса в расчетах принималась $9091,8 \text{ м}^2$. Показатели стоимости мероприятий защиты рассчитывались для периода - один год.

В соответствии с требованиями норм [2-5 и др.] в качестве основных мероприятий по пожарной защите здания рассматриваются: автоматическая пожарная сигнализация, система оповещения о пожаре, противопожарное водоснабжение, система автоматического пожаротушения, первичные средства пожаротушения, система дымоудаления и вентиляции, эвакуационные пути и выходы, распашные решетки на окнах, обучение и тренинг профессорско-преподавательского состава, сотрудников и контингента студентов действиям в чрезвычайных ситуациях.

Определим **предстоящие вложения для осуществления мероприятий** по пожарной безопасности, необходимых для обеспечения уровня безопасности в соответствии с действующими нормами:

$$B_{hiyr} = 52368768 \cdot 0,28 + 2394132 = 17057387 \text{ руб.} \quad (6)$$

Фактический уровень пожарной безопасности в отчетном 2007 году B_{hiyr}^f составил:

$$B_{hiyr}^f = \frac{52368768 \cdot 0,28}{52368768 \cdot 0,28 + 2394132} = 0,86 \quad (7)$$

при условии, что **намечаемый уровень** пожарной безопасности в соответствии с действующими нормами $B_{hiyr} = 1,00$.

Прямой материальный ущерб от возникновения пожара в учебном корпусе, согласно принятым исходным данным, составляет:

$$\sum Q_{iyr}^{pr} = 5400 \cdot 14546,8 + 1800 \cdot 21820,32 + 2520 \cdot 6364,26 + 1080 \cdot 6364,26 + 5400 \cdot 2273 + 1800 \cdot 1273 + 127285200 + 4909572 = 287501436 \text{ руб.} \quad (8)$$

При оценке суммарного вузовского эффекта от затрат на повышение пожарной безопасности при фактическом ее уровне (в нашем случае она составляет $B=0,86$) вероятность наступления пожара принимали равной $1 \cdot 10^{-3}$ согласно данным по количеству пожаров в учреждениях ВПО [7]. При повышении ведомственной безопасности до требований действующих норм $B=1,00$, вероятность наступления события P_{jhiyr}^t должна составлять $1 \cdot 10^{-6}$.

Прямой суммарный вузовский эффект от затрат на повышение пожарной безопасности равен:

$$E_{jhiyr} = 287\,501\,436 \cdot 0,001 - 287\,501\,436 \cdot 0,000001 - 3\,423\,132 = -3\,135\,918 \text{ руб.} \quad (9)$$

Полученное отрицательное значение эффекта, достигаемое реализацией программных мероприятий защиты только в части материальных затрат, позволяет сделать вывод о неэффективности принятых мер для объектов образования как объектов с массовым пребыванием людей.

Во всем мире принято при оценке ущерба от наступления чрезвычайного события учитывать не только материальный ущерб от наступления чрезвычайного события, но, главное, принимать во внимание и моральный ущерб от причинения вреда здоровью или в случае гибели людей, определяемый выплаченными компенсациями.

В настоящем расчете примем экономический эквивалент стоимости жизни человека примерно в 500-900 тыс. американских долларов (22 500 000 руб.) [8], как размер выплаченной компенсации в результате гибели самолета Ту-154 а/к «Пулковские Авиалинии» под Донецком. В этом случае имеет место эффект в размере:

$$E_{jhiyr} = 17\,387\,501\,436 \cdot 0,001 - 17\,387\,501\,436 \cdot 0,000001 - 3\,423\,132 = 13\,946\,981,94 \text{ руб.} \quad (10)$$

Если принять, что стоимость жизни человека составит примерно 3 млн. американских долларов (размер выплаченной компенсации в результате гибели самолета а/к «Swissair» у побережья Канады), что в рублевом эквиваленте составит 75 000 000 руб., то эффект составит:

$$E_{jhiyr} = 57\,287\,501\,436 \cdot 0,001 - 57\,287\,501\,436 \cdot 0,000001 - 3\,423\,132 = 53\,807\,081,83 \text{ руб.} \quad (11)$$

Очевидно, что проблема «цены» человеческой жизни остается нерешенной, поскольку численные значения ее эквивалента часто принимаются произвольно и никак не аргументируются.

Результаты выполненных расчетов подтверждают идею авторов работы [9] о том, что расходы на обеспечение безопасности обычно следуют экономическому закону уменьшения отдачи. Первоначально можно снизить относительно большой риск до значительно меньшего уровня при относительно малых затратах, а потом снижение риска обходится все дороже. Тем не менее создается впечатление, что если не считаться с затратами, то существует возможность сократить риск до любого наперед заданного уровня [9].

Действенным механизмом управления безопасностью образовательных учреждений может стать программно-целевой подход к выбору мероприятий защиты, позволяющий четко определить конечную цель достижения безопасности и объединить в форме программы все виды деятельности по ее обеспечению, т.е. «увязать» цели с ресурсами. Сегодня в Российской Федерации повышение уровня пожарной безопасности предусматривается выполнением как минимум нескольких программ: «Безопасность образовательного учреждения», «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года», «Пожарная безопасность образовательных учреждений». В ходе их реализации достигнуты определенные успехи по снижению количества пожаров и ущерба от их возникновения.

Другим эффективным направлением повышения безопасности может стать развитие системы страхования. В настоящее время в России риски на объектах образования не страхуются и само их определение не закреплено на законодательном уровне, что приводит к ситуации, когда то или иное образовательное учреждение, по вине которого произошло чрезвычайное событие, не несет серьезной ответственности. Примером тому могут служить несчастные случаи, происходящие на объектах образования. Следовательно, на законодательном уровне необходимо создать такие условия, при которых угроза выплаты штрафов, соизмеримых с количеством средств, затрачиваемых на предупреждение и ликвидацию нанесенного ущерба здоровью и безопасности обучающихся и со-

трудников, экономически стимулировала бы руководителей объектов образования модернизировать оборудование и технологии, уменьшая количество факторов риска и снижая риски до уровня, регламентированного современной нормативной базой.

Литература

1. Разработка концепции обеспечения безопасности объектов системы высшего профессионального образования и целевой программы предупреждений и защиты от чрезвычайных и кризисных ситуаций [Текст]: отчет по НИР (заключ.) / ГОУ ВПО ОрелГТУ; рук. Колчунов В.И.; отв. исполн.: Ильичев В.А., Степанов Ю.С., Данилевич Д.В., Бакаева Н.В., [и др.]. – Орел, 2007. – 316 с.
2. ГОСТ 12.1.004 - 99. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.
3. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст] / Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 29 с.
4. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации [Текст] / МЧС России. – М.: ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 103 с.
5. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Текст] / МЧС России. – М.: ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 26 с.
6. Федоров, В.С. Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности строительных объектов [Текст] / В.С. Федоров // Вестник центрального регионального отделения РААСН. – Воронеж-Орел, 2006. – 294 с.
7. Пожарные подвели итоги. Более 10 тысяч россиян погибли в прошедшем году в огне [Текст] // Пожаро-взрывобезопасность. – М.: Пожнаука, 2007. – № 1. – С. 62-67.
8. Электронный ресурс www.rgs.ru.
9. Перельмутер, А.В. О нормировании уровня риска [Текст] / А.В. Перельмутер // Известия ОрелГТУ, 2007. – №2-14 (530). – С. 160-169.

УДК 51-74

Докт. техн. наук, проф. Ю.Х. Поландов; канд. техн. наук С.А. Власенко; асп. А.В. Митрохин
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 41-98-48; e-mail: polandov@yandex.ru

ЗАДАЧА ИСТЕЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ЗАКРЫТОЙ ЕМКОСТИ В СЛУЧАЕ ЕЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Сформулирована и решена задача истечения воды из закрытой емкости при ее повреждении. Решение может быть использовано для расчета утечек (в случае аварии) в отопительных сетях при авариях и дальнейших устраниений в автоматическом режиме.

The problem of the expiration of water from the closed capacity is formulated and solved at its damages. The decision can be used for calculation of outflow in heating networks at failures and the further exceptions in an automatic mode.

Для расчета утечек воды в гидравлических системах зачастую применяются методы, основанные на расчете гидравлических цепей при заданных значениях давления воды, гидравлических характеристик системы и места утечки. Однако в существующей практике утечка рассматривается лишь как сбой в работе системы, требующий исключения, а ее размер оценивается по величине ущерба, нанесенного отапливаемому помещению при возникшей аварии.

Современные методы борьбы с утечками делают интересной постановку и решение задачи их расчета при возникающих условиях.

Так, перспективным является метод устранения утечек, основанный на локализации поврежденного участка сети посредством автоматической отсечной аппаратуры и дальнейшей организацией слива воды как показано на рис. 1. В связи с этим возможны три варианта постановки задачи истечения воды под действием своего веса в зависимости от условий:

- 1) определение величины утечки из замкнутой системы через образовавшуюся одиночную негерметичность;
- 2) определение величины утечки через негерметичность при наличии дополнительного отверстия в системе, расположенного выше;
- 3) определение величины утечки при организации слива из нижней части системы.

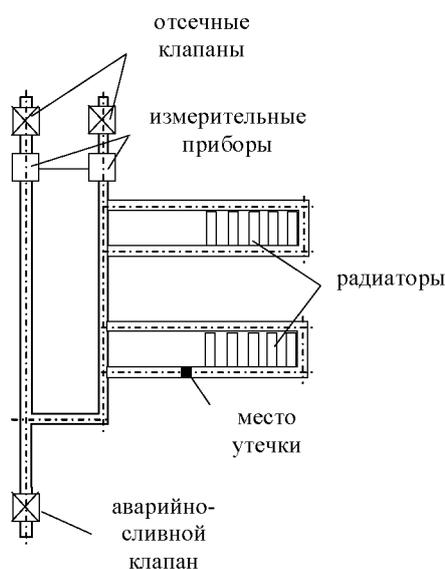


Рис. 1. Схема гидравлической системы

Рассмотрим подробнее первую задачу, в которой представим гидравлическую систему в виде цилиндрического сосуда с негерметичностью (утечкой) в основании (рис. 2). Тогда поставленная физическая задача сводится к следующей математической формулировке.

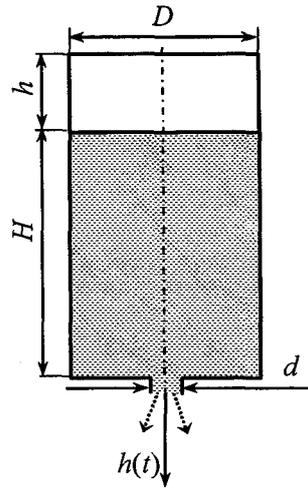


Рис. 2. Схема истечения жидкости из цилиндрического сосуда в постановке первой задачи

Известно, что при нестационарном движении, когда местные скорости зависят явно от времени, уравнение количества движения невязкой жидкости в интегральной форме имеет вид:

$$\frac{\partial \vec{K}}{\partial t} + \int_S \rho \cdot u_n \cdot \vec{u} dS = \int_V \rho \cdot \vec{F} dV + \int_S \vec{p}_n dS, \quad (1)$$

где $\vec{K} = \int_V \rho \cdot \vec{u} dV$ – количество движения массы в объеме V ; u_n – нормальная составляющая скорости к поверхности S ; \vec{p}_n – напряжение поверхностных сил.

$$\vec{F} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\rho \cdot \Delta V} \text{ – плотность массовой силы в заданной точке; } \Delta F \text{ – массовая сила, действующая на массу жидкости в объеме } \Delta V; \rho \text{ – плотность жидкости.}$$

Отметим, что к массовым относят гравитационную силу, силы инерции, а к поверхностным – силу вязкости и давления [1]. Поскольку рассматривается случай идеальной жидкости, то можно считать вязкость равной нулю.

Искомым параметром является изменение уровня жидкости $h(t)$ с течением времени t , тогда скорость движения определяется как первая производная от уровня: $\vec{u} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta h}{\Delta t}$. Рассмотрим плоский случай интегрального уравнения в проекции на вертикальную ось $h(t)$, направленную в сторону истечения жидкости.

Изменение количества движения (первое слагаемое в выражении (1)) по времени в постоянном объеме ($V = const$) цилиндрической формы с постоянным поперечным сечением S_1 и переменной высотой жидкости представляется в виде:

$$\frac{\partial \vec{K}}{\partial t} = \frac{\int_V \rho \cdot \vec{u} dV}{\partial t} = \rho \cdot \int_V \frac{d\vec{u}}{dt} dV = \rho \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} \cdot V = \rho \cdot S_1 \cdot h \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} = \rho \cdot S_1 \cdot (H - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2}, \quad (2)$$

где H – исходный уровень жидкости; $S_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$; D – диаметр поперечного сечения емкости.

Приток среды в заданный объем, ограниченный вертикальной цилиндрической поверхностью, осуществляется через верхнюю плоскость площадью S_1 со скоростью u_1 , а расход происходит

через отверстие с сечением S_2 в нижней части цилиндра. Тогда, соблюдая условие неразрывности среды $u_1 \cdot S_1 = u_2 \cdot S_2$, при котором поток жидкости остается постоянным при изменении скоростей движения при прохождении через поперечные сечения с разными площадями, можно показать изменение количества движения жидкости при ее вытекании из емкости:

$$\int_S \rho \cdot u_n \cdot \vec{u} dS = \rho \cdot u_{1n} \cdot u_1 \cdot S_1 + (-\rho \cdot u_{2n} \cdot u_2 \cdot S_2).$$

Отметим, что приток среды в объем определяет значение интеграла с положительным знаком, а отток – с отрицательным, поэтому второе слагаемое, отвечающее за расход, содержит знак «минус». Кроме того, вертикальное движение жидкости показывает, что векторы скорости всегда направлены по нормали к поперечным плоскостям, поэтому после дальнейших алгебраических преобразований с учетом уравнения неразрывности, представленном в виде $u_2 = u_1 \cdot \frac{S_1}{S_2}$, можно

записать:

$$\begin{aligned} \int_S \rho \cdot u_n \cdot \vec{u} dS &= \rho \cdot (u_1 \cdot u_1 \cdot S_1 - u_2 \cdot u_2 \cdot S_2) = \left[u_2 = u_1 \cdot \frac{S_1}{S_2} \right] = \\ &= \rho \cdot \left(u_1 \cdot u_1 \cdot S_1 - u_1 \cdot u_1 \cdot \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 \cdot S_2 \right) = \rho \cdot u_1 \cdot u_1 \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right). \end{aligned}$$

Для учета знака при изменении направления количества движения жидкости один из сомножителей скорости примем по абсолютному значению:

$$\int_S \rho \cdot u_n \cdot \vec{u} dS = \rho \cdot u_1 \cdot |u_1| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right). \quad (3)$$

В качестве массовой силы ΔF можно рассмотреть давление жидкости под действием своего веса на элементарный объем ΔV :

$$\vec{F} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\rho \cdot \Delta V} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m \cdot g}{\rho \cdot \Delta V} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\rho \cdot \Delta V \cdot g}{\rho \cdot \Delta V} = g.$$

Причем в общем объеме эта массовая сила имеет место для столба жидкости с площадью поперечного сечения S_2 . Тогда, при условии ограничения жидкого объема цилиндрической поверхностью с переменной высотой вследствие вытекания жидкости из емкости, первое слагаемое в правой части уравнения количества движения можно представить в виде:

$$\int_V \rho \cdot \vec{F} dV = \int_V \rho \cdot g dV = \rho \cdot g \cdot V = \rho \cdot g \cdot S_2 \cdot (H - h(t)). \quad (4)$$

Рассмотрим воздействие сил на жидкость в заданном объеме. Если в основании сосуда отверстие отсутствует, то жидкость находится в состоянии покоя, поскольку все силы уравновешены. Наличие же отверстия приводит к нарушению равновесия системы, поскольку по площади отверстия S_2 снизу начинает воздействовать атмосферное давление, а сверху - давление воздуха, находящегося в емкости, причем давления действуют в разных направлениях. Тогда запишем систему сил с учетом их направлений:

$$\int_S \vec{p}_n dS = S_2 \cdot p - S_2 \cdot p_0 = S_2 \cdot (p - p_0), \quad (5)$$

где p – текущее давление воздуха внутри емкости; p_0 – атмосферное давление.

Поскольку задача описывает изотермический процесс, то изменение давления газа (воздуха) связано с изменением его объема, и имеет место соотношение вида $p \cdot v = p_1 \cdot v_1$, где p , v – текущие значения давления и объема газа, соответственно; p_1 , v_1 – начальные значения давления и объема газа соответственно. При этом заметим, что исходный объем газа определяется высотой его «столба» $v_1 = s \cdot h$, а на текущее значение объема влияет, кроме того, и изменение уровня воды в емкости, причем его уменьшение приводит к увеличению высоты «столба» газа. Тогда:

$$p = p_1 \cdot \frac{v_1}{v} = p_1 \cdot \frac{s \cdot h}{s \cdot (h + h(t))} = p_1 \cdot \frac{h}{h + h(t)}.$$

Подставим полученное выражение в (5):

$$\int_S \bar{p}_n dS = S_2 \cdot (p - p_0) = S_2 \cdot \left(p_1 \cdot \frac{h}{h + h(t)} - p_0 \right). \quad (6)$$

Далее подставим (2), (3), (4), (6) в уравнение количества движения:

$$\begin{aligned} \rho \cdot S_1 \cdot (H - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \\ = \rho \cdot g \cdot S_2 \cdot (H - h(t)) + S_2 \cdot \left(p_1 \cdot \frac{h}{h + h(t)} - p_0 \right); \\ \rho \cdot S_1 \cdot (H - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \\ = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - h(t)) + p_1 \cdot \frac{h}{h + h(t)} - p_0 \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Полученное выражение (7) определяет колебательный процесс изменения уровня жидкости при ее истечении из емкости через отверстие в основании.

Дополнительные экспериментальные исследования показали, что истечение жидкости не продолжается и сменяется следующим этапом, при котором в объеме образуется воздушный пузырь. Его образование обусловлено необходимостью системы принять равновесное состояние и «вернуть» необходимый объем воды в исходное положение. Но поскольку данный процесс невозможен, то в емкость «затягивается» воздух до тех пор, пока давление внутри нее не уравнивается с атмосферным давлением снаружи.

Для второго этапа нулевым будет считаться уровень воды, полученный после истечения и снизившийся на величину Δh_1 (рис. 3), т.е. текущее значение стало равно $H - \Delta h_1$.

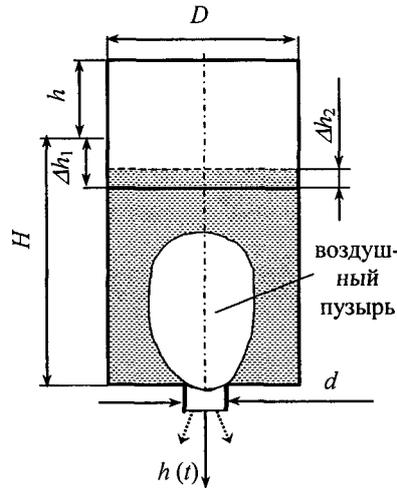


Рис. 3. Изменение уровня воды при образовании пузыря

Отметим, что образование воздушного пузыря не сопровождается изменением объема жидкости: отсутствует приток и сток среды в заданном объеме, поэтому изменение количества движения жидкости в объеме равно нулю:

$$\int_S \rho \cdot u_n \cdot \bar{u} dS = 0. \quad (8)$$

Кроме того, отсутствие изменения уровня жидкости приводит к тому, что при расчете величины $\frac{\partial \bar{K}}{\partial t}$ высота цилиндрической поверхности становится постоянной $h = H - \Delta h_1$, тогда

$$\frac{\partial \bar{K}}{\partial t} = \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2}. \quad (9)$$

Существенные изменения претерпевают величины, определяющие воздействие сил на систему. Наличие пузыря внутри заданного объема приводит к появлению ограничивающей его поверхности, обладающей сложной формой. Для простоты можно принять форму пузыря в виде сферы, тогда распределение сил происходит по поверхности, площадь которой складывается из площадей поперечного сечения исходного цилиндра S_1 и площади поверхности S_3 сферы с радиусом

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \leq \left(\frac{3}{4\pi} \cdot |h(t)| \cdot S_1 \right)^{1/3};$$

$$S = S_2 + S_3 = [S_3 = 4\pi R^2] = S_2 + \sqrt[3]{\pi \cdot (6 \cdot |h(t)| \cdot S_1)^2}.$$

Стоит заметить, что рост размеров пузыря приводит к «подъему» уровня жидкости (но не к увеличению объема!) на величину Δh_2 и, как следствие, к увеличению гидростатического давления на площадь отверстия S_2 , и уменьшению поперечного размера «столба» жидкости на величину, равную диаметру воздушного пузыря. С учетом вышесказанного можно записать выражение, определяющее воздействие массовой силы на систему:

$$\int_V \rho \cdot \vec{F} dV = \rho \cdot g \cdot \left(S_2 + \sqrt[3]{\pi \cdot (6 \cdot |h(t)| \cdot S_1)^2} \right) \cdot \left[H - \Delta h_1 - \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \cdot |h(t)| \cdot S_1} \right]. \quad (10)$$

Результирующая величина атмосферного давления и давления воздуха в емкости также изменилась, поскольку уменьшение уровня жидкости после первого этапа повлекло за собой увеличение уровня воздуха внутри сосуда на то же значение Δh_1 , в связи с чем текущий объем воздуха в емкости стал равным $v = s \cdot (h + \Delta h_1 + h(t))$. В результате совокупность давлений, действующих на жидкость может быть описана как

$$\int_S \vec{p}_n dS = (S_2 + S_3) \cdot (p - p_0) = (S_2 + S_3) \cdot \left(p_1 \cdot \frac{h}{h + \Delta h_1 + h(t)} - p_0 \right). \quad (11)$$

Подставив выражения (9)–(11) в (1), получим уравнение количества движения при появлении в жидкости воздушного пузыря:

$$\rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} = \left(\rho \cdot g \cdot \left[H - \Delta h_1 - \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \cdot |h(t)| \cdot S_1} \right] + \right. \\ \left. + p_1 \cdot \frac{h}{h + \Delta h_1 + h(t)} - p_0 \right) \cdot \left(S_2 + \sqrt[3]{\pi \cdot (6 \cdot |h(t)| \cdot S_1)^2} \right). \quad (12)$$

К завершению второго этапа приводит достигнутое системой равновесие между атмосферным давлением и давлением воздуха внутри емкости, а также увеличение гидростатического давления жидкости на площадь S_2 , в результате чего пузырь, отрываясь от своего основания, устремляется на поверхность жидкости и схлопывается. Движение пузыря сопровождается истечением жидкости из сосуда под действием своего веса. То есть третьим этапом в данном процессе является этап истечения воды одновременно с подъемом пузыря на ее поверхность. Из этого следует, что математическая формулировка этапа должна содержать все компоненты уравнения количества движения с учетом изменения начальных значений уровня жидкости $h_{ж}$ и воздуха h_2 , имеющих место в результате формирования воздушного пузыря:

$$h_{ж} = H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - h(t);$$

$$h_2 = h + \Delta h_1 - \Delta h_2 + h(t).$$

В итоге уравнение количества движения жидкости переписывается в виде:

$$\begin{aligned} & \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1 - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \\ & = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - h(t)) + p_1 \cdot \frac{h}{h + \Delta h_1 - \Delta h_2 + h(t)} - p_0 \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Схлопывание воздушного пузыря на поверхности жидкости приводит к скачкообразному снижению уровня жидкости и сопровождается падением уровня из-за продолжающегося истечения, следовательно, общий уровень жидкости уменьшается на величину Δh_3 . Тогда на четвертом этапе (после схлопывания воздушного пузыря) начальный уровень жидкости равен $h_{ж} = H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - \Delta h_3 - h(t)$. Общий объем воздуха в емкости определяется снижением уровня жидкости в результате ее истечения от начала процесса до возникновения очередного этапа $h_2 = h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t)$.

Снижение уровня жидкости приводит к изменению соотношения давления и объема воздуха в емкости, причем начальное значение воздуха на четвертом этапе складывается из начального

$$p = p_1 \cdot \frac{v_1}{v} = p_2 \cdot \frac{s \cdot (h + \Delta h_2)}{s \cdot (h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t))} = p_1 \cdot \frac{h + \Delta h_2}{h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t)},$$

тогда распределение давлений по объему жидкости определяется выражением:

$$\int_s \bar{p}_n dS = S_2 \cdot \left(p_1 \cdot \frac{h + \Delta h_2}{h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t)} - p_0 \right). \quad (14)$$

Результатом рассуждений о протекании процесса истечения жидкости на протяжении четвертого этапа становится выражение вида:

$$\begin{aligned} & \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - \Delta h_3 - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \\ & + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - \Delta h_3 - h(t)) + \right. \\ & \left. + p_1 \cdot \frac{h + \Delta h_2}{h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t)} - p_0 \right), \end{aligned} \quad (15)$$

где Δh_3 – изменение уровня в результате вытекания воды во время подъема пузыря на поверхность воды.

Далее процесс повторяется и также содержит четыре этапа: первоначальное истечение воды, образование воздушного пузыря, истечение воды при подъеме пузыря на поверхность воды, истечение после подъема пузыря до образования следующего и так далее до полного опорожнения емкости.

Каждый этап процесса истечения жидкости обладает начальными условиями, к которым следует отнести первоначальное значение уровня и значение скорости движения воды в момент времени t_0 . Отсчет исходного уровня воды на любом из этапов начинается с нулевого значения, т.е. считается, что уровень воды, достигнутый на предыдущем этапе, является нулевым для последующего. При этом начальная скорость не имеет нулевого значения только на последнем этапе, поскольку движение воды через отверстие не прекращалось при переходе от третьего к четвертому этапу.

Следует также отметить, что в отличие от значений Δh_1 , Δh_2 , которые определяются как экстремальные значения функции $h(t)$ на заданном этапе, приращение уровня воды на третьем этапе Δh_3 определяется только за время всплытия пузыря ($t_{вспл} = 0,744$ с – значение получено экспериментальным путем).

В итоге рассматриваемая задача сводится к формулировке задачи Коши в виде:

$$1 \text{ этап: } \rho \cdot S_1 \cdot (H - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - h(t)) + p_1 \cdot \frac{h}{h + h(t)} - p_0 \right),$$

при начальных условиях $h(t_0) = 0$, $h'(t_0) = 0$;

$$2 \text{ этап: } \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} = \left(\rho \cdot g \cdot \left[H - \Delta h_1 - \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \cdot |h(t)| \cdot S_1} \right] + \right. \\ \left. + p_1 \cdot \frac{h}{h + \Delta h_1 + h(t)} - p_0 \right) \cdot \left(S_2 + \sqrt[3]{\pi \cdot (6 \cdot |h(t)| \cdot S_1)^2} \right),$$

при начальных условиях $h(t_0) = 0, h'(t_0) = 0$;

$$3 \text{ этап: } \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1 - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \\ = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - h(t)) + p_1 \cdot \frac{h}{h + \Delta h_1 - \Delta h_2 + h(t)} - p_0 \right),$$

при начальных условиях $h(t_0) = 0, h'(t_0) = 0$;

$$4 \text{ этап: } \rho \cdot S_1 \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - \Delta h_3 - h(t)) \cdot \frac{d^2 h(t)}{dt^2} + \rho \cdot \frac{dh(t)}{dt} \cdot \left| \frac{dh(t)}{dt} \right| \cdot S_1 \cdot \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right) = \\ = S_2 \cdot \left(\rho \cdot g \cdot (H - \Delta h_1 + \Delta h_2 - \Delta h_3 - h(t)) + p_1 \cdot \frac{h + \Delta h_2}{h + \Delta h_1 + \Delta h_3 + h(t)} - p_0 \right),$$

при начальных условиях $h(t_0) = 0, h'(t_0) = h'(t_{\text{снл}})$.

Поставленная задача решена при помощи прикладного пакета *Mathcad*. Определялось изменение уровня воды при ее вытекании из вертикального цилиндрического сосуда диаметром $D=0,2$ м, уровень воды и воздуха составляли значения $H=0,4$ м и $h=0,1$ м, соответственно. Диаметр негерметичности в нижней части сосуда равен $d=0,01$ м. В результате решения получена кривая изменения уровня воды при ее вытекании из сосуда, показанная на рисунке 4.

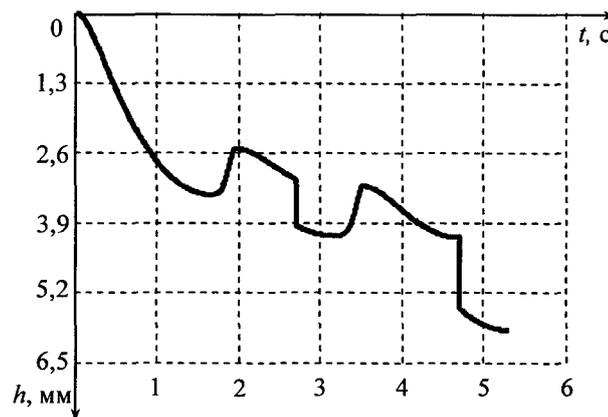


Рис. 4. Кривая изменения уровня воды при ее истечении из вертикального цилиндрического сосуда

Таким образом, представленная математическая модель задачи определения величины утечки из замкнутой системы через образовавшуюся одиночную негерметичность позволяет произвести расчет утечек воды из систем отопления и водоснабжения.

Литература

1. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 728.6

Ст. преп. И.А. Дорофеева

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 43-92-41

**ЭВОЛЮЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ КОМПЛЕКСОВ
«ЖИЛЬЕ+ТРУДОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ» ЗА РУБЕЖОМ**

Типология индивидуального сельского жилища, предназначенного для проживания и трудовой деятельности семьи, складывалась на протяжении веков. Одни объемно-планировочные и конструктивные решения устаревали и отбрасывались, другие видоизменялись, некоторые же вообще не имеют аналогов в прошлом и находятся на современном этапе в стадии экспериментальных разработок и проектных предложений. Исследование архитектурного опыта проектирования и строительства комплексов «жилье+трудовая деятельность» за рубежом актуальны и для сельских поселений России.

Как показывает анализ исторической практики развития типологии жилищ, начиная от первых этапов развития человеческого общества до настоящего времени, основными факторами, оказывающими влияние на построение архитектурной организации жилых построек, являются климатические параметры во взаимосвязи с функциональными потребностями человека и возможностями уровня развития цивилизации.

Так, для первобытных людей охота и собирательство являлись главными видами трудовой деятельности, приносящими пропитание. Человек мог только приспосабливаться к суровым природным условиям, поэтому первоначально в качестве жилища использовались естественные укрытия: пещеры в скалах и ямы, закрытые ветками и шкурами животных. В них можно было спрятаться от непогоды и диких зверей. Постепенно опытным путем люди осваивали строительные приемы и материалы, учитывали вновь появившиеся потребности быта и хозяйственной деятельности. Таким образом, формировались новые типы жилищ. На смену землянкам, полужемлянкам, хижинам, состоящих из одного помещения, предназначенного для сна, приготовления пищи, хранения продуктов и вещей, пришли многокамерные дома.

Родовые многокамерные дома (X-VI тыс. до н.э.) являлись жилищем для проживания семейного рода. Длинный дом разделялся перегородками на помещения для отдельных семей. Стеновые каркасы домов обкладывали кирпичом-сырцом или обмазывали глиной. Родовая община коллективно владела продуктами производства. Такое совместное ведение хозяйства привело к созданию общественных зернохранилищ, кладовых, глубоких ям для хранения припасов, общих помещений для скота и т.п.

Для различных ремесел возводились специальные постройки, часто с иной конструкцией, чем жилые сооружения. Таким образом, на протяжении первобытнообщинного строя сформировались стационарные типы жилых построек одно-, многосемейные и коллективные, в которых совмещались функции быта, ведения хозяйства и хранения припасов, ремесленные же постройки располагались отдельно.

Начиная с IV тыс. до н.э. в государствах Вавилон, Египет, Ассирия, Урарту основу экономики составляло общинное земледелие. С переходом к сельскохозяйственной общине семьи стали вести раздельное хозяйство. Жилые дома возводили из подручных материалов - глины с соломой или тростника. Глинобитные дома состояли обычно из четырех-пяти помещений. Пространство дома зонировалось. Очаг, служивший для приготовления пищи, обычно устраивали вне жилого помещения. В огражденном дворе держали скот и хранили запасы.

Жаркий климат и небольшое количество осадков привели к созданию усадеб с внутренними дворами, садами, открытыми навесами-галереями, плоскими крышами-террасами. В течение тысячелетий южное жилище состояло из нескольких небольших жилых и хозяйственных помещений, сгруппированных вокруг открытого внутреннего дворика. Так постепенно сформировался тип жилища - дом-усадыба. Участок дома-усадыбы делился на комплекс жилых и хозяйственных помещений. Ориентация жилых помещений осуществлялась на север. Жилая зона изолировалась от хозяйственной зоны. Хозяйственные помещения окружали дом с трех сторон. Они состояли из загонов для скота, зернохранилищ (обычно круглой формы), хлебной печи, кладовых, набитых всевозможным продовольствием и помещений для слуг. Посредине дворика размещали колодец или водоем. В состав дома-усадыбы входил небольшой сад.

Первым примером интеграции жилья и трудовой деятельности в едином строении являются свайные постройки, расположенные над водой рек и озер. Такое необычное размещение и объемно-планировочное решение жилища, известное с III-II тыс. до н.э., объяснялось большим значением рыбной ловли в хозяйстве их обитателей. Подобные постройки сохранились до наших дней на территории Швейцарии и Новой Гвинеи. Таким образом, ресурсно-ландшафтные особенности территории (расположения жилища на равнине, в горах, у реки) оказывало влияние на развитие новых типов зданий, особенностью которых является интеграция жилой части дома с хозяйственно-производственной.

В Греции (V-IV веках до н.э.) основой хозяйства являлось земледелие, главным образом виноградарство и производство оливкового масла, а также было развито скотоводство. Возводились жилые дома с их внутренними дворами, играющими роль открытых залов, с портиками и открытыми галереями. Дом состоял из главного помещения – мегарона с портиком перед ним. Внутри мегарона помещался очаг, над которым в кровле устраивалось дымовое отверстие. Хозяйственные помещения могли примыкать к мегарону, а также располагаться в самостоятельных постройках, образуя усадьбу-двор.

По мере роста общественного разделения труда в связи с развитием сельского хозяйства, производства и торговли появились частная собственность и имущественные различия.

В начале II века до н.э. - I век до н.э. в Италии сформировался тип богатого жилища – вилла. В зависимости от назначения и месторасположения виллы подразделялись на сельские (*villa rustica*), которые носили производственный характер и городские (*villa urbana*), предназначенные для отдыха и развлечений. Кроме того, часто встречался и смешанный тип. Виллы сельскохозяйственного типа появились раньше городских вилл. Со временем разница в характере вилл гораздо меньше зависела от времени их постройки, чем от их месторасположения, назначения и принадлежности. В окрестностях Везувия преобладал тип вилл, поставляющий на рынок сельскохозяйственные продукты (главным образом масло и вино). Виллы для отдыха располагали в живописных районах у северного берега Неаполитанского залива, где концентрировались виллы римской знати. Виллы роскошного типа (*villa urbana*) чаще всего формировались в условиях города и уже из него переходили в поместья, почти не претерпевая изменений. Это относится и к атриумной и особенно к перистильной части дома, в значительной степени определившей замкнутый характер почти всех вилл.

Сельские дома этого типа, дошедшие до нас от II века до н.э. - I век н.э., в схеме плана напоминают атриумный дом. В состав виллы Мистерий входил атриумный дом с портиком, комплекс помещений бани, большое служебное крыло. Производственная часть усадьбы включала винные погреба, хозяйственные устройства и разные помещения.

В IV-II века до н.э. на Гераклеийском полуострове в окрестностях Херсонеса строили дома-фермы. Такие комплексы размером 18×23 м состояли из двух построек: жилой и производственной, между которыми располагался небольшой двор.

Таким образом, для южных климатических условий характерно размещение производственных и жилых помещений в едином пространстве усадьбы (виллы, фермы) вокруг открытого двора.

Крестьяне были теми же ремесленниками, пока окончательно не сформировались города, как центры ремесла и торговли. Двухэтажные кирпичные дома крестьян-ремесленников соединялись с тавернами или лавками, в которых жители дома занимались торговлей и ремеслом. Типичный дом имел планировочное решение аналогичное небольшому дому Трезубца на острове Делос (II век до н.э.). Широкий коридор-прихожая вел с улицы в перистильный дворик. Слева от входа располага-

лась лавка с подсобным помещением. В состав помещений дома входили жилые комнаты семьи хозяина, комната для рабов и кухня с переносным очагом.

Таким образом, на протяжении развития рабовладельческой формации также прослеживается влияние природных и климатических условий, особенностей трудовой деятельности человека на формирование объемно-планировочной структуры жилища, смежного с помещениями, предназначенными для ведения подсобного хозяйства, ремесленного и иного производства. При этом помещения для ремесленной деятельности ориентировались на улицу, а хозяйственно-производственные располагались в глубине усадьбы.

В Средние века на территории Западной Европы, Кавказа и Средней Азии важной хозяйственной ячейкой были феодальные поместья. Здания строились многофункциональными. Замок в первую очередь возводился как оборонительное (фортификационное), хорошо укрепленное военное сооружение, в котором постоянно проживала семья феодала. В подвалах замка хранились продукты, товары первой необходимости, оружие на случай его длительной осады. При военных действиях за стенами замка укрывались крестьяне и домашний скот. Кроме того, замок являлся резиденцией феодала, в которой проходили переговоры, осуществлялась управленческая и иная государственная деятельность. Таким образом, замок-крепость был крупным комплексом, объединяющим помещения жилого, фортификационного, подсобно-хозяйственного, ремесленного, складского, конторского и управленческого назначения. С окончанием эпохи Средневековья замки утратили свою первоначальную оборонительную функцию. В XX веке здания замков получили музейную или жилищно-музейную функцию. В интегрированных зданиях в одной из его части проживает семья владельца, в другой может располагаться гостиница или музей.

В горно-степных районах Армении с III-IV до XVIII-XIX вв. жилище отличалось компактностью и единством планировки. К жилому помещению (глхатун) примыкал хлев (гом). Вокруг этих двух частей группировались все остальные помещения: кухня с очагом, кладовые, сараи, комната для гостей. Глхатун – квадратная комната, освещаемая через потолочное отверстие – эрдик. Куполовидное покрытие состояло из деревянных балок, образующих своим расположением усеченную прямоугольную или восьмигранную пирамиду, и покоилось на пристенных деревянных столбах, ввиду слабости стен, выполненных из бутового камня на глиняном растворе, а также по сейсмическим требованиям. Гом имел базиликальную форму с двумя рядами столбов и наличием в нем отделения с нарами и очагом-камином, где в зимнее время в целях экономии топлива ночевали хозяева. В стенах предусматривались ниши хозяйственного назначения. Армянский глхатун имел родство с подобными азербайджанскими постройками типа карадам и с грузинским жильем типа дарбази.

Так как природно-климатические условия в горных и горно-степных районах южных стран отличаются от равнинной и прибрежной территории более холодными зимами, за прошедшие века сформировался тип компактного интегрированного жилища, направленного на экономию теплового ресурса, в котором хозяйственно-производственные постройки пристроены к жилым помещениям.

В периметральной застройке сельской усадьбы государств Узбекистана и Таджикистана XIX века выявлено четкое деление ее территории на мужскую половину (внешнюю) и женскую (внутреннюю). В первой была сосредоточена деловая жизнь хозяина: если он занимался ремеслом, здесь помещалась его мастерская, происходил прием посетителей, здесь же находилась конюшня. На женской половине протекала частная жизнь семьи. Здесь были жилые комнаты, кухня, кладовые и прочие служебные помещения. Так, зона бизнеса интегрированного жилища ориентировалась на внешнюю сторону усадьбы, а приватная зона занимала её внутреннее пространство.

В странах Передней Азии, Среднего Востока и Закавказья на торговых путях, в местах остановки путешественников и купцов размещались караван-сарай (постоялые двory). Тип застройки усадеб периметральный или «глаголь». Планировочная структура таких комплексов значительно усложнилась, т.к. состояла из жилой зоны, подразделяющейся на квартиру, где проживала семья владельца, и комнаты для постояльцев и прислуги; хозяйственной зоны - кухни и кладовых продуктов; торгово-обслуживающей зоны – торговой лавки и чайной; складской зоны - навесов и крытых помещений для лошадей и верблюдов, складов для хранения овса и сена. Здания отличались значительной номенклатурой помещений, в связи с расширением функциональных потребностей.

Крестьянские подворья государств Западной Европы в XIX-XX веках имели, как правило, периметральную или открытую незамкнутую планировочную застройку. К жилому дому пристраивались хозяйственные помещения для хранения утвари, сельскохозяйственного инвентаря,

сена, помещения для размещения скота и птицы. Постройки либо выделялись в самостоятельные объемы, как, например, крестьянское подворье Чехословакии, либо объединялись в единый объем под одной крышей, как жилой комплекс в Финляндии по типу «брус».

В Германии в XIX-XX веках строились крестьянские подворья, состоящие из жилого дома и развитого крытого хозяйственного двора (рис. 1). Жилая зона отделялась от хозяйственных помещений кухней. В жилую зону дома вел главный вход, а грузовой въезд - в крытый двор с торцевой стороны комплекса. Хозяйственная зона сообщалась с жилой зоной посредством коммуникационного крытого двора через кухню. Хозяйственные помещения: конюшня, коровник, зимнее хранилище пчел, птичник, свинарник располагались в центре по разные стороны крытого двора.

Более крупные крестьянские комплексы в XIX веке застраивались периметрально вокруг открытого хозяйственного двора по типу «карэ» (рис. 2). С жилым домом блокировали коровник. Хозяйственные службы размещались отдельно от жилого дома. Овчарня, птичник, свинарники, площадка для выгула свиней образовывали животноводческую зону. Погреба, ток - складскую зону. Амбар, колодец и навозохранилище возводились отдельностоящими.

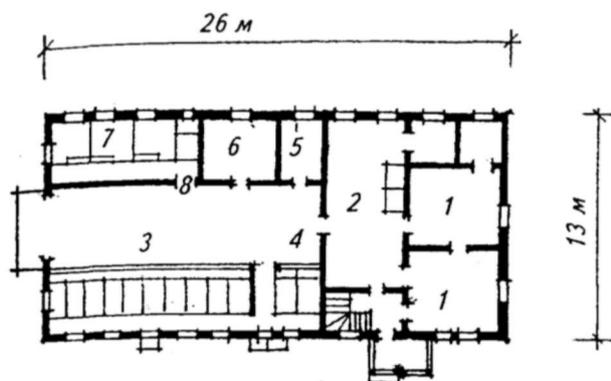


Рис. 1. Крестьянское подворье в Германии. Крытый хозяйственный двор. 1. Жилые комнаты. 2. Кухня 3. Коровник. 4. Конюшня 5. Зимнее хранилище пчел 6. Птичник 7. Свинарник 8. Уборная

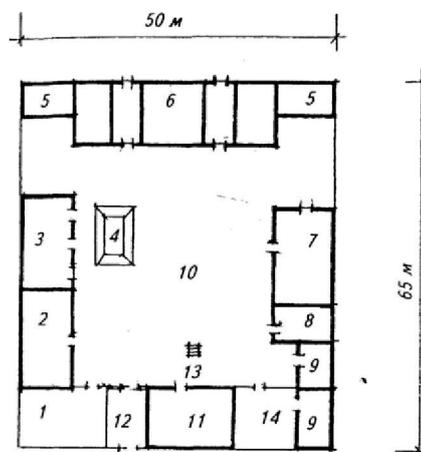


Рис. 2. Крестьянское подворье в Германии. Периметральная застройка (по типу «карэ») вокруг открытого двора. 1. Палисадник 2. Жилой дом 3. Коровник 4. Навозохранилище 5. Погреба 6. Ток 7. Овчарня 8. Птичник 9. Свинарник 10. Открытый двор 11. Амбар 12. Ворота 13. Колодец 14. Выгул для свиней

В Чехословакии в 1950 г. по типу «неполный глаголь» построено крестьянское подворье. Кухня и кладовая отделяли жилую зону от хозяйственно-производственного блока. Кормокухня группировалась с кладовой и помещением для содержания скота и птицы. Помещение для крупного скота замыкало производственную зону. В складскую зону входили амбар, хранилище кормов, силосы. Отстойник удален от жилища и размещался отдельно за складской зоной.

Современные жилищно-производственные комплексы второй половины XX века стали проектировать с учетом экологических требований и возможностью использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ): солнечной, ветровой, биогаза. Особенно много проектов и построек осуществлено в зарубежных странах - США, Японии, Италии, Испании, Франции. Применение возобновляемых источников энергии целесообразно для сельских ферм, интегрированных жилищно-производственных комплексов, не имеющих газовое снабжение, или районов, имеющих дефицит электроэнергии.

Например, построен дом чабана 13,3×15,4 м в Туркмении, оборудованный гелиотеплицей - пассивным накопителем тепла (рис. 3). Жилую зону от производственной зоны (теплицы) отделяет аккумулялирующая стена. Коллекторы перерабатывают солнечную энергию в тепловую и электрическую.

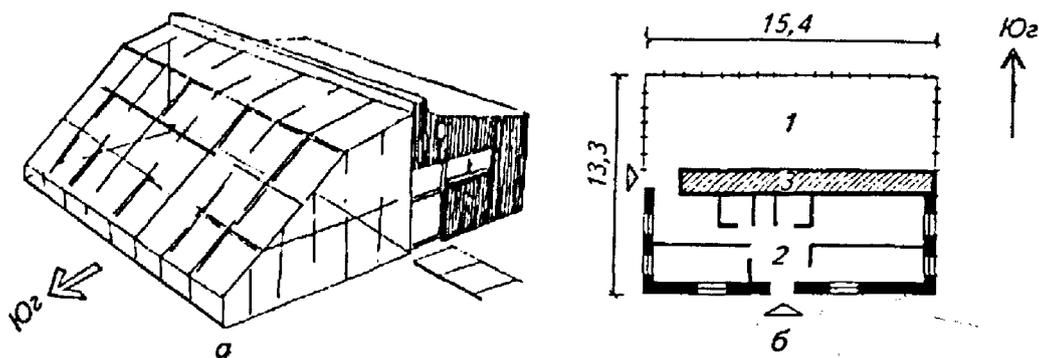


Рис. 3. Дом чабана, заблокированный с теплицей. Туркмения

В штате Техас (США) построена ферма по откорму молодняка КРС. В состав фермы-комплекса входят теплица, дом фермера, системы ВИЭ (резервуар первичной обработки навоза и других отходов, метантенк, скруббер, стационарная силовая установка, работающая на биогазе, передвижная цистерна для сброса и транспортировки биогаза, гелиоустановка и бункер). Дом фермера отапливается биогазом, в теплицу на тепловую установку также подается биогаз для ее обогрева.

В Калифорнийском университете Беркли (США) разработан комплекс жилого дома с хозяйственно-производственными помещениями, оснащенный микробиологической рециркуляционной системой жизнеобеспечения. На здании запроектированы гелиоколлектор с аккумулятором дождевой воды и пространство для выращивания водорослей, идущих в качестве витаминных добавок в корм корове. В центре объема жилого дома на всю высоту здания предусмотрен анаэробный биореактор.

Уровень современного развития цивилизации дает возможность строить интегрированные комплексы, оснащенные инженерными системами, позволяющими рационально использовать энергоресурсы, получаемые на основе переработки возобновляемых источников энергии. А объемно-планировочная структура интегрированного комплекса меняется от простой конфигурации в плане (дом чабана, заблокированный с теплицей) до многоугольной или в форме круга (здания с биореакторами).

Современные сельские дома также как и тысячелетия назад разрабатываются для ведения индивидуальной трудовой деятельности семьи. Например, в состав жилого дома, разработанного болгарскими архитекторами, наряду с жилыми, бытовыми и подсобно-хозяйственными помещениями, входят мастерские и помещения для занятий индивидуально-трудовой деятельностью.

Люди творческих профессий: художники, музыканты, архитекторы, писатели предпочитают часто работать в собственных загородных домах, расположенных недалеко от города на природе. Нередко в таких домах предусматривают картинные галереи или выставочные залы. В небольших домах устраиваются специальные кабинеты, а иногда настоящие офисы для работы на дому. В состав помещений офисов могут входить приемная и рабочие кабинеты. Домашние офисы располагают в отдельном крыле здания либо встраивают в жилой блок. Их размещают как на первом, так и на вторых этажах. Планировка жилого дома с домашним офисом показана на рисунке 4.

Другим типом жилищно-производственного комплекса, сформировавшимся в XX веке, является интегрированный музейно-туристический комплекс. В его объеме сгруппированы необходимые здания и постройки: жилой дом хозяина или управляющего, музейные залы, подсобные и другие помещения. Такими комплексами являются не только замки-крепости. Например, в Долине Йокшира (Yorkshire Dales) в Англии создан музейно-туристический комплекс основой, которого являются лабиринт и сталактитовая пещера, обнаруженные в 1923 г. Кристофером Лонгом. Пещера находится почти в центре гор Йокшира в одном из его трех пиков.

В состав комплекса входят: билетная касса, дом управляющего, кафе, магазин, ресурсный центр, которые разместились по обе стороны от входа в пещеру. У подножия гор на равнине предусмотрена стоянка для автомобилей. Защитить туристов от непогоды стало возможным, накрыв деревянным навесом вход в пещеру и двор. Таким образом, все существующие здания объединили в единый ансамбль.

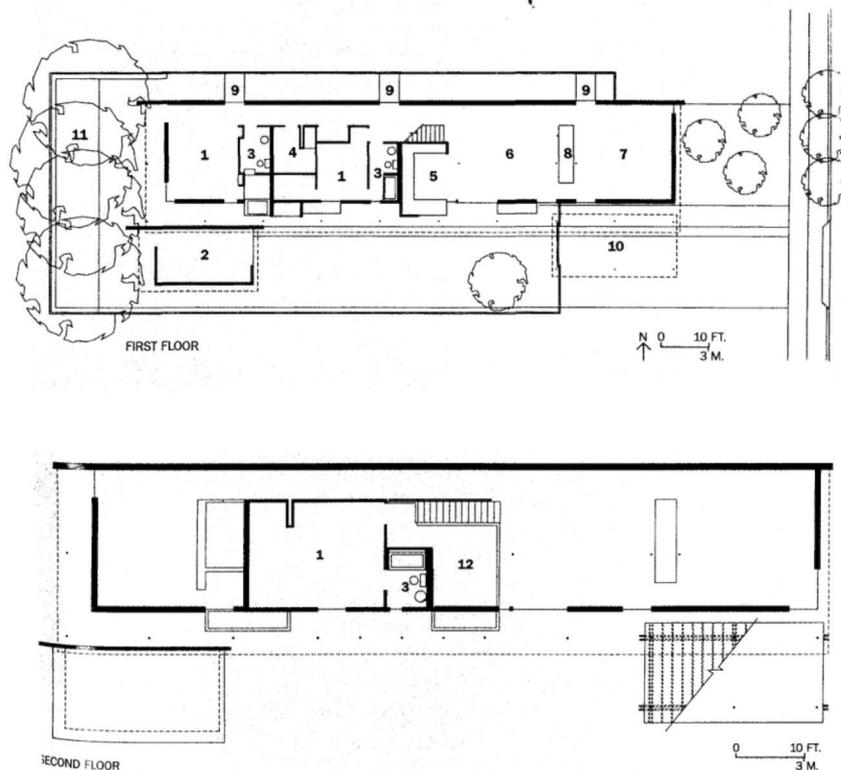


Рис. 4. Жилой дом с помещениями домашнего офиса. Первый этаж: 1 – спальня; 2 – студия; 3 – ванная комната; 4 – туалет; 5 – кухня; 6 – общая комната; 7 – столовая; 8 – камин; 9 – водные установки; 10 – гараж; 11 – сад. Второй этаж: 1 – спальня; 3 – ванная комната; 12 – офис

Проведенный анализ архитектуры комплексов «жилье+трудовая деятельность» выявил следующее:

1. На протяжении тысячелетий постепенно и непрерывно складывалась типология индивидуального сельского жилища, предназначенного для проживания и трудовой деятельности семьи.

2. Одни объемно-планировочные и конструктивные решения устаревали и отбрасывались, другие видоизменялись, некоторые же вообще не имеют аналогов в прошлом и находятся на современном этапе в стадии экспериментальных разработок и проектных предложений.

3. Многофункциональность жилищных комплексов основывается на многоукладности быта сельского жителя.

4. Соединение в одном объеме комплекса различных по функциональному назначению частей здания продиктовано природно-климатическими, экономическими, социальными, демографическими и научно-техническими факторами. Так, для южного жилища, расположенного на равнинной местности и у побережья, характерно размещение производственных и жилых помещений в едином пространстве усадьбы (виллы, фермы) вокруг открытого двора, а для горных и горно-степных районов производственно-хозяйственные помещения пристраивались к жилой части. В северных регионах производственно-хозяйственные помещения непосредственно пристраивались к жилым либо через буферно-коммуникационную зону. Помещения, предназначенные для интеллектуальной трудовой деятельности, торгового обслуживания и ремесел размещают смежно с жилой зоной, т.к. их функциональное назначение не ухудшает санитарно-гигиенические условия эксплуатации здания. Поэтому их располагают в объеме интегрированного комплекса встроенными и встроено-пристроенными.

5. Застройка домов-усадеб подразделяется на периметральную, по типу «глаголь», «брус».

6. Помещения группируются по функциональному назначению и образуют следующие зоны: жилую, подсобно-хозяйственную, производственную (рабочую) и складскую. Причем наиболее экологичными являются решения, в которых производственная или подсобно-хозяйственная зона (например, животноводческие постройки) отделяются от жилой зоны буферно-коммуникационными помещениями или крытым двором.

Проведенные исследования архитектурного опыта проектирования и строительства комплексов «жилье+трудовая деятельность» за рубежом актуальны и для сельских поселений России, в связи с формированием семейного малого бизнеса, недостаточно развитой социальной инфраструктуры на селе, распадом централизованной экономико-управленческой системы.

Литература

1. Всеобщая история архитектуры [Текст]. Том I. Редакционная коллегия: Б.П. Михайлов (главный редактор) – Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – Москва, 1958 – 686 с.

2. Всеобщая история архитектуры [Текст]. Т. I, Т. II – изд-во академии архитектуры СССР, Москва, 1944. Под общей редакцией Д. Е. Аркина, Н. И. Брунова, М.Я. Гинзбурга.

3. Бирюкова, Н.В. История архитектуры [Текст] / Н.В. Бирюкова. – М.: ИНФРА-М, 2005 – 367 с.

УДК 763.12

Асп. М.Е. Морозова

(Московский архитектурный институт)

Россия, г. Москва, тел. 8-916-316-98-63; e-mail: mmorozka@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СПАСО-ПРЕОБРАЖЕНСКОЙ ЦЕРКВИ КИЖСКОГО ПОГОСТА В СООТНЕСЕНИИ С ИКОНОГРАФИЕЙ ПРЕОБРАЖЕНИЯ

В статье рассмотрено развитие иконографии Преображения, выявлены основные особенности мандолы, окружающей фигуру Христа в иконографии. Эти черты соотнесены с характерными особенностями пространственной структуры Спасо-Преображенской церкви Кижского погоста.

In this article we considering the development of iconography of the Transfiguration and exposing the main features of the luminescence surrounding the figure of Christ on it. Next we correlating this features and peculiarity of the structure of the Transfiguration church in Kizhi.

Анализируя пространственное построение Спасо-Преображенской церкви в Кижках, мы ставим своей задачей соотнести особенности ее построения с особенностями предъявления Преображения в иконографической традиции. Для нас важна тема предъявления посвящения храма его структурой, отражение пространственной сущности Преображения, исходно являющегося неким процессом, поступательным движением, сопровождающимся рядом специфических пространственных трансформаций, в статичном сооружении.

Основанием для подобного подхода является то, что помимо текстов о Преображении зодчему, безусловно, известны живописные изображения самого события. Икона праздника Преображения обязательна для праздничного ряда иконостаса, Преображение - одна из наиболее распространенных сцен фресковой росписи храма. Благодаря этому, можно обосновать существование общих закономерностей в живописи и в архитектуре, основанных на традиции, сложившейся именно в живописи.

Иконография Преображения устанавливалась достаточно долго. В искусстве первых веков христианства (приблизительно до V в.) встречаются одни только намеки на это событие. Но потом, все более развиваясь, сюжет получает свое самостоятельное значение, однако, долго не складывается как определенная норма. Это можно увидеть на мозаиках V-IX вв.

Одна из самых ранних мозаик Преображения (около 567 г.) – его древнейший, еще символический перевод – находится в храме св. Аполлинаре ин Класе в Равенне. Внизу полукруга стоит св. Аполлинарий, молитвенно распростирая руки, по сторонам – по шесть апостолов в виде агнцев. Преображение представлено в верхней части полукруга. Вместо Христа изображен только четырехконечный крест в медальоне на фоне, усеянном звездами, а по сторонам креста – пророки Моисей и Илья. Петр, Иоанн и Иаков изображены также в виде агнцев и размещены под фигурами пророков – один под Илией и два под Моисеем.

Далее постепенно устанавливается канон, распространившийся во множестве вариаций. Обычно изображение делится на два яруса. В верхнем помещена фигура Христа в сиянии «славы». По правую руку Христа стоит пророк Илья, по левую - пророк Моисей. В нижнем ярусе находятся павшие ниц три Апостола. Одно из самых ранних известных нам изображений по этой схеме – мозаика монастыря св. Екатерины на Синае (565-566 гг.).

Иконография Преображения на Руси известна во множестве изводов. Однако расположение персонажей остается тем же. Расположение фигур жестко разграничено по ярусам: на вершине горы Фавор, в центре стоит преобразившийся Христос, ниже, на соседних горах – пророки, посредине горы встречаются изображения маленьких фигур идущих в гору и сходящих с нее учеников во главе с Христом, а у подножия пишутся потрясенные апостолы.

Один из поздних комментариев к иконографии Преображения (1909 г.) толкует событие следующим образом: «Сцена Преображения содержит в миниатюре все элементы будущего Царства,

каким оно явится нам: 1) Господь – не в унижении, но в славе. 2) Моисей прославленный представлял тех искупленных, которые вошли в царство через смерть. 3) Илия прославленный представлял тех искупленных, которые перешли в Царство, будучи восхищены в него при жизни. 3) Петр, Иаков и Иоанн представляли (на тот момент) Израиль во плоти, в будущем Царстве. 5) Толпа у подножия горы представляла народы, которым предстоит войти в Царство после того, как оно будет установлено над Израилем».

Из этого комментария очевидно, что в сцене Преображения визуальной иерархии придается глубокий сакральный смысл.

Мандола, свечение, окружающее Христа, в иконографии Преображения, как правило, одна из сложносоставных.

Обязательной ее частью является обыкновенно круглая либо эллиптическая форма, чаще всего многослойная. Обыкновенно она пронизывается многочисленными золотыми лучами.

На эту форму могут накладываться расходящиеся лучи, состоящие, как правило, из трех сближенных золотых линий. Встречается различное количество таких лучей, расходящихся как из одного, так и из нескольких центров.

Лучи ложатся по диагональным направлениям мандолы, а в случае увеличения их количества – по диагональным, горизонтальным, вертикальным и в направлении апостолов. Лучи, падающие на трех апостолов, бывших вместе с Христом на горе Фавор, выделяются среди прочих либо увеличением длины, либо их заострением, либо изменением цвета, либо комбинацией этих приемов. Эти три луча часто пишутся на иконах Преображения даже в отсутствии прочих. Встречаются изображения, на которых центральный из трех лучей перекрывает боковые. Образуется как бы объемное тело – трехгранник, пирамида, шатер, сень. В византийской иконографии мандола пересекается в основном восьмью или шестью лучами, причем, в случае восьми, вертикальные лучи часто перекрываются фигурой Христа. Оба эти числа соотносятся с числом находящихся на горе, что, в частности, звучит у Григория Паламы: «На горе их было восемь, но видимы были только шесть: трое - Петр, Иаков и Иоанн, взшедшие вместе с Иисусом, увидели там стоящих с Ним и беседующих Моисея и Илию, так что всех их было шесть; но вместе с Господом, конечно, были и Отец, и Дух Святой».

Помимо отдельных лучей на мандолу может накладываться «звезда». Встречается различное количество ее концов-лучей. «Звезда» характерна только для Преображенской иконы. Возможно одна из функций «звезды» заключается в том, чтобы передать момент Преображения как феномен проявления, возгорания мандолы. Одно из самых важных для нас изображений «звезды», оказавшееся краеугольным при анализе иконографии Преображения, «звезда» на иконе из Спасо-Преображенского собора Переславля-Залесского. Христос помещен в пересечении двух треугольных «стрел», просвечивающих одна сквозь другую, одна из которых направлена острием вниз, а другая – вверх так, что голова и нимб загораживают верхнее острие образовавшейся «звезды», а ступни ног почти целиком помещены в нижнее. Центр «звезды» находится в свитке, в левой руке Христа (т.е. в слове, в логосе). При анализе иконографии мандолы Преображения, основанном на соотношении структуры «звезды» в различных изводах, мы сделали вывод о том, что на иконе представлены некие тела, называемые нами платами в боковой проекции. В изометрии платы в положении на рассматриваемой иконе представляют собой две пересекающиеся пирамиды, обращенные вершинами в противоположные стороны. Далее, в соотношении с иконографией, рассмотрим пространственное построение кижского храма. При всей оригинальности общая структура храма оказывается характерной для темы Преображения.

Преображенская церковь – одна из наиболее сложных многоярусных русских деревянных церквей, сохранившихся до настоящего времени. Многоярусность – одна из черт, характерных для храмов, посвященных Преображению Господню, соотносится нами с многоярусностью иконографии, которой, как отмечено ранее, в теологии придается сакральное значение. В общем абрисе храма отчетливо просматривается система образующих, создающих впечатление шатровой сени, соотносимой с одним из видов свечения на иконографии мандолы Преображения – тремя лучами, осеняющими апостолов.

Церковь имеет наибольшее количество глав – двадцать две. Она построена восьмериком с четырьмя прирубями. Каждая грань восьмерика завершается бочкой с главой на ней. Над нижним восьмериком высится еще один, увенчанный пятиглавием. Каждый его прируб покрыт двумя бочками и двумя главами на них. Последняя двадцать вторая глава стоит на апсиде, примыкающей к восточному прирубю храма (рис. 1).

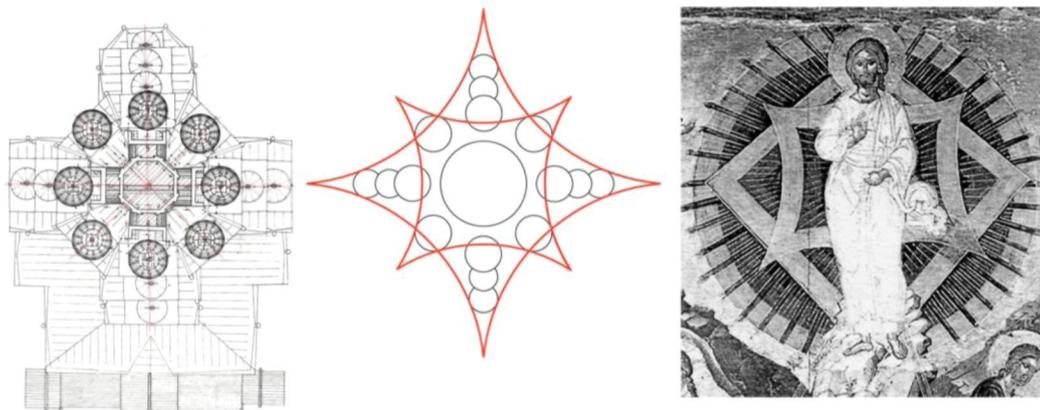


Рис. 1.

Рассмотрим структуру, образованную благодаря описанному расположению глав. Не считая главы апсиды, храм представляет собой симметричную конструкцию со следующим расположением глав по ярусам.

Верхний ярус, окружающий центральную главу храма, включает четыре главы, расположение которых ориентировано по сторонам света. В следующем ярусе – восемь глав. В обоих ниже расположенных ярусах – снова по четыре главы (по сторонам света).

На каждой стороне света размещено четыре главы, расположенных по ярусам без перерывов и сходящиеся к центральной главе. Это большая четырехгранная пирамида.

В диагональных направлениях у храма всего четыре главы, каждая из которых, подобно тому, как это происходит с главами, ориентированными по сторонам света, установлена на бочке. Под каждой из этих четырех бочек с главами, на стене восьмерика расположена еще одна декоративная накладная бочка с меньшим выносом, нежели верхняя. Благодаря этой бочке предъясвляется вторая, малая, перевернутая пирамида. Основанием ее являются четыре видимые диагональные главы. Главы следующего яруса как бы невидимы, поскольку, следуя логике построения объема храма, они должны стоять на бочках, которые как бы заглублены в тело храма и выступают из него лишь своим фасадом (рис. 2).

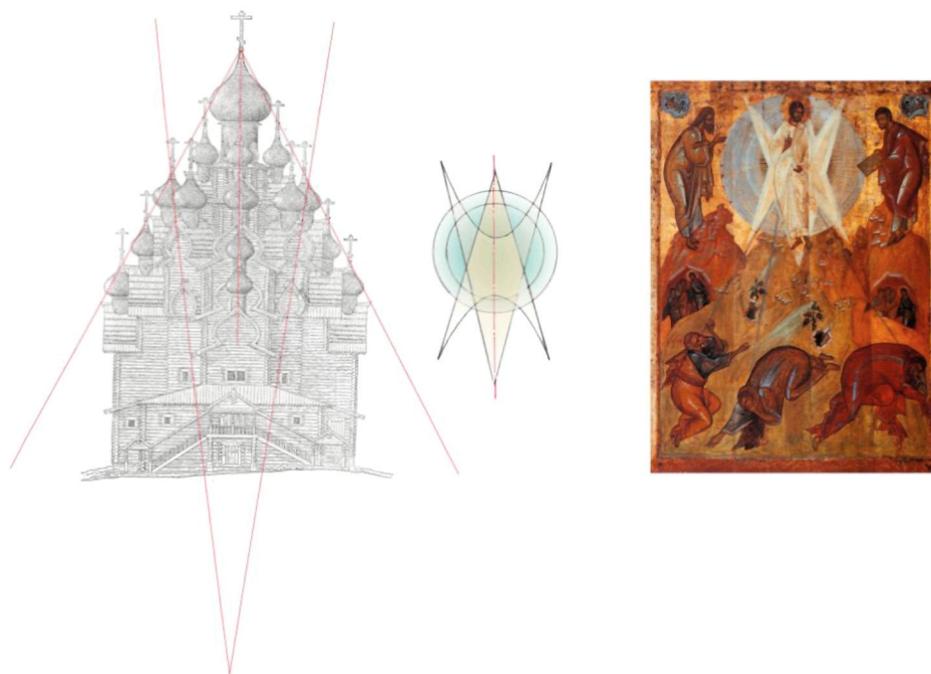


Рис. 2.

Система построения глав церкви в Кижках являет собой две, большую и малую пересекающиеся пирамиды, одна из которых направлена вершиной вверх, а другая – вниз.

В результате образована структура, соответствующая схеме предьявленной в проекции на иконографии Преображения из Переславля-Залесского, при которой платы пересекаются друг с другом друг сквозь друга и через мандолу.

План храма разворачивается по восьми направлениям, что соотносимо с восьмью лучами в иконографии мандолы.

Схема расположения глав описывается двумя четырехугольниками. Их расположение соотносимо с иконографией некоторых относительно поздних изводов Преображения.

Итак, структура относительно позднего храма в Кижках имеет черты, соотносимые как с более поздней иконографией Преображения, так и с самыми ранними ее характерными особенностями. С более ранними мы можем соотнести общую шатровую форму храма, построение структуры по восьми направлениям, а также многоярусность храма. Наиболее оригинальная черта пространственной структуры храма (его многоглавие) соотносима с более поздней иконографией – предьявляющей пересечение двух четырехгранных платов, обращенных вершинами в противоположных направлениях.

Литература

1. Лазарев, В.Н. История византийской живописи [Текст] / В.Н. Лазарев. – М., 1986.
2. Лисенко, Л.М. Церковь Преображения Кижского погоста [Текст] / Л.М. Лисенко // Обмеры 1940, 1947.

УДК 628

*Проф. В.М. Попов; ст. преп. Е.В. Меркулова; асп. Н.А. Четиков; асп. И.О. Рыкунова
(Курский государственный технический университет)
Россия, г. Курск, тел. 8 (4712) 58-71-19; e-mail: rio_kursk@mail.ru*

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Авторами проведена санитарно-гигиеническая оценка загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами в городе Курске. Выявлены особо опасные несанкционированные свалки с площадью разлива ливневых стоков более 5000 м², разработано геоинформационное приложение для информационного обеспечения несанкционированных свалок населенного пункта.

Одной из основных задач в обеспечении комфортной экологической обстановки городов является создание системы сбора, вывоза и переработки твердых бытовых отходов, причем данная система должна иметь опережающий рост развития по сравнению с ростом жилищного строительства в городе.

Неблагополучная эколого-гигиеническая ситуация Курского региона связана не только с высокой концентрацией промышленности и высокой плотностью городского населения, но и с традиционной системой застройки города – частным сектором. Причем территория частной застройки подвержена захламлению несанкционированными свалками в большей степени, чем новые кварталы с многоэтажной застройкой.

По данным Федерального статистического наблюдения в 2006 году в Курской области образовалось 50,6 млн. т отходов производства и потребления. Из общего количества образовавшихся отходов использовано на собственном производстве, передано на переработку 5,5 млн. тонн (10,7%), обезврежено 25,6 тыс. тонн (0,05%). По данным Доклада о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2006 году от природопользователей на полигон промышленных отходов в с. Старково Октябрьского района поступило 5,8 тыс. тонн отходов (2 класс опасности – 6,0 т; 3 класс опасности – 378 т; 4 класс опасности – 4,5 тыс. т; 5 класс опасности – 9 тыс. т); на полигон бытовых отходов (ТБО) г. Курска в с. Пашково Курского района – 157,5 тыс. тонн отходов потребления

Сложившаяся в Курской области ситуация в вопросе обращения с отходами производства, потребления и местами их размещения ведет к опасному загрязнению окружающей среды и создает реальную угрозу здоровью населения.

Мероприятия по санитарной очистке населенных пунктов не способны кардинально решить проблему отходов и лишь временно способствуют улучшению внешнего облика городов и посёлков. Несанкционированные свалки остаются по-прежнему неизменными спутниками практически всех населённых пунктов, располагаясь в оврагах, лесах и на обочинах дорог.

Кафедрой «Охрана труда и окружающей среды» КурскГТУ была проведена инвентаризация несанкционированных свалок г. Курска. На первом этапе исследования зарегистрировано более 25 несанкционированных свалок.

Основные места скопления свалок – овраги, откосы, пустыри (до 20%); территории, прилегающие к гаражным кооперативам и новостройкам (30%); участки земель внутри жилых кварталов, особенно частного сектора (20%); территории, граничащие с крупными промышленными предприятиями и т.п. Преобладают мелкие, «кучные» свалки, не превышающие 5–20 м³, занимаемые ими земельные площади также относительно невелики (20×10 м, 10×5 м и т.д.). Вместе с тем выявлены свалки, занимающие площади более 3000 м², на которых отходы расположены тонким слоем, «диффузно» рассыпаны и разнесены ветром. Территории, на которых расположены свалки, относятся в подавляющем большинстве к землям общего пользования.

Наблюдения за составом собранных бытовых отходов показали, что наряду с собственно бытовыми отходами на многих свалках находятся строительные отходы, различный металлолом, уличный смёт, бытовой мусор и т.п.

Одним из современных направлений в оценке загрязнений окружающей среды является оценка с применением геоинформационных систем – технологий.

Для оценки опасности несанкционированных свалок г. Курска и информационного обеспечения процесса принятия управленческих решений, основанных на данной оценке, разработано геоинформационное приложение «Несанкционированные свалки населенного пункта».

Геоинформационная технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. ГИС-приложение обеспечивает ввод, обработку, интерпретацию и отображение пространственно-координированных данных.

В настоящее время существует большое количество программных продуктов, использующих ГИС-технологии, например: MapInfo/MapBasic, ArcView, Arc/Info, GeoGraph/GeoDraw. Каждый программный продукт имеет свои особенности. Наиболее мощной является Arc/Info, но она предназначена для работы на рабочих станциях, а версии для ПК весьма ограничены. Для экологических нужд среднего города достаточно более простых и дешевых ГИС. Наиболее подходящей и исторически сложившейся для г. Курска можно считать MapInfo.

Целью построения геоинформационного приложения является: нанесение на электронную карту города Курска несанкционированных свалок в виде отдельного полигонального слоя, а также полигонального слоя, отображающего площадь разлива ливневых стоков для иллюстрации негативного экологического воздействия свалок (рис. 1); разработка базы данных, содержащей полную атрибутивную информацию об этих объектах. При этом в системе предусмотрена возможность оценки загрязнения территории населенного пункта твёрдыми отходами, которая состоит в определении класса опасности несанкционированных свалок.

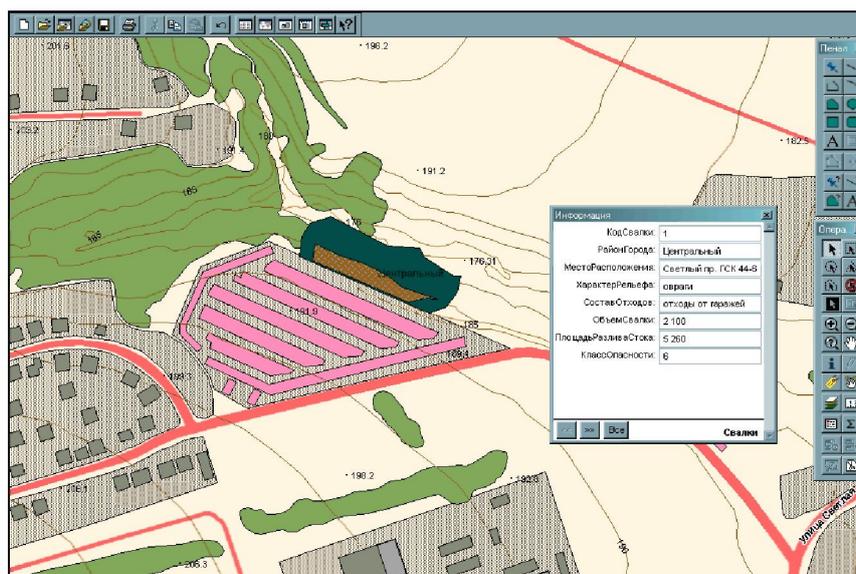


Рис. 1. Фрагмент электронной карты с дополнительными тематическими слоями для несанкционированных свалок

Расчет класса опасности свалки ($K_{\text{оп. свалки}}$) осуществляется по следующей формуле:

$$K_{\text{оп. свалки}} = \frac{5 \times V \times K_{\text{отх.}}}{S_{\text{разл.}}},$$

где 5 – коэффициент, который состоит из коэффициента горизонтальной миграции вредных веществ в поверхностном слое почвы =0,05 (5%) и вспомогательного коэффициента =100 для удобства численного выражения коэффициента опасности свалки; V – объём свалки (м^3); $K_{\text{отх.}}$ – коэффициент, учитывающий опасность отходов по их виду (табл. 1); $S_{\text{разл.}}$ – площадь разлива ливневого стока со свалки (м^2).

Таблица 1

Зависимость коэффициента ($K_{отх.}$) от вида отходов

Вид отходов	$K_{отх.}$
Промышленные отходы	4
Отходы от гаражей	3
Бытовые отходы	2
Строительные отходы	1

В программной оболочке MapInfo осуществляется обработка графических данных, атрибутивные данные обрабатываются в среде MS Access, которая позволяет создавать разветвленные базы данных (рис. 2). При этом сам интерфейс программного продукта с ядром ГИС осуществляется через стандартные средства визуального программирования в Delphi с использованием компонента интегрированной картографии.

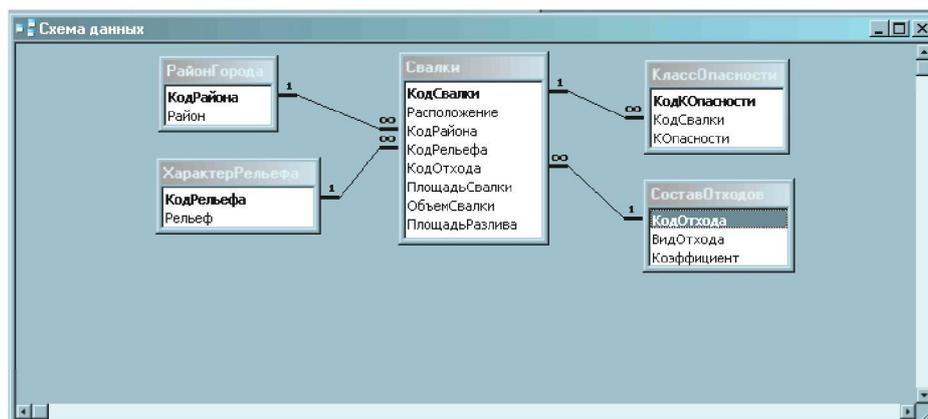


Рис. 2. Схема данных удаленной базы данных MS Access

В результате заполнения базы данных и расчета класса опасности свалки в программном продукте обеспечивается автоматическое формирование протокола инвентаризации несанкционированной свалки (рис. 3).

Протокол инвентаризации	
несанкционированной свалки	_____
	(район города)
	<i>Центрального р-на г.Курска</i>
Место расположения:	<i>Светлый пр-д ГСК 44-60</i>
	(адрес, улица)
Характеристика рельефа	<i>овраги</i>
	(основные места скопления свалок: овраги, обочина дороги, частный сектор, карьер, лес, пойма реки)
Состав отходов	<i>отходы от гаражей</i>
Класс опасности свалки	<i>6</i>
Площадь разлива ливневых стоков	<i>5262 м2</i>

Рис. 3. Пример Протокола инвентаризации свалки

Вывод: в результате данного исследования выявлены особо опасные несанкционированные свалки центрального района города.

Площадь разлива ливневых стоков с этих свалок составляет более 5000 м², а коэффициент опасности 5-9.

Коэффициент опасности менее опасных свалок составляет 1-4.

Разработано геоинформационное приложение для информационного обеспечения экологического обследования несанкционированных свалок населенного пункта.

Литература

1. Трофимова, Т.А. Прикладная экология [Текст]: Учебное пособие для вузов / Т.А. Трофимова, Н.В. Селиванова, Н.В. Мищенко. – М.: Академический Проект: Традиция, 2005. – 384 с.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2006 году [Текст] // Курск, 2007. – С. 195.
3. Цветков, В.Я. Геоинформационные системы и технологии [Текст] / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
4. Терещенко, А.Г. Геоинформационные системы для мониторинга и анализа окружающей среды [Текст] / А.Г. Терещенко, И.А. Сухаленцев // Экология и промышленность России, 2005. – №1. – С. 22.

УДК 711.4

*Член-корр. РААСН, докт. техн. наук, проф. В.И. Римшин; асп. Е.А. Омельченко
(Московский институт коммунального хозяйства и строительства)*

Россия, г. Москва, тел. 8 (495) 678-34-05; e-mail: GDSH_faculty@rambler.ru

Асп. Л.И. Шубин

(Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук)

Россия, г. Москва, тел. 8 (495) 974-34-25; e-mail: 4887672@mail.ru

ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ СОГЛАСОВАНИЕМ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

В статье рассмотрены вопросы предоставления земельных участков для строительства с учетом полномочий органов местного самоуправления. Показано межевание земельных участков на основе сведений государственного земельного кадастра, землеустроительной, градостроительной и иной, связанной с использованием, охраной и перераспределением земель, документацией.

Предоставление земельных участков для строительства с предварительным согласованием мест размещения объектов осуществляется:

- гражданам и юридическим лицам – в аренду;
- государственным и муниципальным учреждениям, федеральным казенным предприятиям, а также органам государственной власти и органам местного самоуправления – в постоянное (бессрочное) пользование;
- религиозным организациям для строительства зданий, строений, сооружений религиозного и благотворительного назначения – безвозмездное срочное пользование на срок строительства этих зданий, строений, сооружений.

Выбор земельного участка для строительства осуществляется следующим образом.

Во-первых, гражданин или юридическое лицо, заинтересованные в предоставлении земельного участка для строительства, обращаются в исполнительный орган государственной власти или орган местного самоуправления, осуществляющие полномочия собственника в отношении выделенного земельного участка, с заявлением о выборе земельного участка и предварительном согласовании места размещения объекта.

В данном заявлении должны быть указаны:

- назначение объекта;
- предполагаемое место его размещения;
- обоснование примерного размера земельного участка;
- испрашиваемое право на земельный участок.

К заявлению могут прилагаться технико-экономическое обоснование проекта строительства или необходимые расчеты.

Для определения конкретного органа власти, которому следует направлять заявление, гражданине и юридические лица должны в порядке, установленном законодательством о регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, получить сведения об интересующем их земельном участке в органах местного самоуправления.

В случае отсутствия таких данных в органах местного самоуправления сведения о земельном участке можно получить в государственных органах, осуществляющих деятельность по ведению государственного земельного кадастра, в порядке, предусмотренном Постановлением Правительства РФ от 02.12.2000 № 918 «Об утверждении правил предоставления сведений государственного земельного кадастра».

Орган местного самоуправления по заявлению гражданина или юридического лица либо по обращению соответствующего исполнительного органа государственной власти обеспечивает выбор земельного участка на основе документов государственного земельного кадастра и документов землеустройства с учетом экологических, градостроительных и иных условий использования территории и недр в ее границах посредством определения вариантов размещения объекта и проведения процедур согласования в случаях, предусмотренных федеральными законами, с соответствующими государственными органами, органами местного самоуправления, муниципальными организациями.

Необходимая информация о разрешенном использовании земельных участков и об обеспечении этих земельных участков объектами инженерной, транспортной и социальной инфраструктур, технические условия подключения объектов к сетям инженерно-технического обеспечения, а также дежурные кадастровые карты (планы), содержащие сведения о местоположении земельных участков, предоставляются бесплатно соответствующими государственными органами, органами местного самоуправления, муниципальными организациями в двухнедельный срок со дня получения запроса от органа местного самоуправления.

Органы местного самоуправления городских или сельских поселений информируют население о возможном или предстоящем предоставлении земельных участков для строительства.

Граждане, общественные организации (объединения), религиозные организации и органы территориального общественного самоуправления имеют право участвовать в решении вопросов, затрагивающих интересы населения, религиозных организаций и связанных с изъятием, в том числе путем выкупа, земельных участков для государственных и муниципальных нужд и предоставлении этих земельных участков для строительства.

При предоставлении земельных участков в местах традиционного проживания и хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов России и этнических общностей для целей, не связанных с их традиционной хозяйственной деятельностью и традиционными промыслами, могут проводиться сходы, референдумы граждан по вопросам изъятия, в том числе путем выкупа, земельных участков для государственных или муниципальных нужд и предоставления земельных участков для строительства объектов, размещение которых затрагивает законные интересы указанных народов и общностей. Исполнительные органы государственной власти или органы местного самоуправления, принимают решения о предварительном согласовании мест размещения объектов с учетом результатов таких сходов или референдумов.

Далее орган местного самоуправления информирует землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, законные интересы которых могут быть затронуты в результате возможного изъятия для государственных и муниципальных нужд, находящихся соответственно в их пользовании и владении земельных участков, в связи с предоставлением этих земельных участков для строительства. В случае если в целях размещения объектов необходимо выкупить земельные участки для государственных или муниципальных нужд из земель, находящихся в собственности граждан или юридических лиц, орган местного самоуправления информирует собственников этих земельных участков об их возможном выкупе. Порядок и условия предоставления такой информации могут быть установлены федеральными законами, законами субъектов РФ.

Результаты выбора земельного участка оформляются актом о выборе земельного участка для строительства, а в необходимых случаях и для установления его охранный или санитарно-защитной зоны. К данному акту прилагаются утвержденные органом местного самоуправления проекты границ каждого земельного участка в соответствии с возможными вариантами их выбора.

В случае предполагаемого изъятия, в том числе путем выкупа, земельного участка для государственных или муниципальных нужд к акту о выборе земельного участка также прилагаются расчеты убытков собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев, арендаторов земельных участков, потерь сельскохозяйственного производства или потерь лесного хозяйства.

Исполнительный орган государственной власти или орган местного самоуправления принимает решение о предварительном согласовании места размещения объекта, утверждающее акт о

выборе земельного участка в соответствии с одним из вариантов выбора земельного участка, или об отказе в размещении объекта.

Копия решения о предварительном согласовании места размещения объекта с приложением проекта границ земельного участка или об отказе в размещении объекта выдается заявителю в семидневный срок со дня его утверждения.

Решение о предварительном согласовании места размещения объекта является основанием последующего принятия решения о предоставлении земельного участка для строительства и действует в течение трех лет.

В случае осуществления собственником земельного участка, землепользователем, землевладельцем, арендатором земельного участка строительства на земельном участке или иного его улучшения после информирования о возможном изъятии, в том числе путем выкупа, земельного участка для государственных или муниципальных нужд, указанные лица несут риск отнесения на них затрат и убытков, связанных со строительством на земельном участке или с иным его улучшением. В случае если они осуществили строительство или иные улучшения земельного участка, расположенного в границах зарезервированных земель, после информирования их об указанном резервировании, то они несут риск отнесения на них затрат и убытков, связанных со строительством на таком земельном участке или с иным его улучшением.

Если же по истечении срока действия решения о предварительном согласовании места размещения объекта решение о предоставлении земельного участка не было принято, лица, права которых были ограничены, вправе требовать возмещения от исполнительного органа государственной власти или органа местного самоуправления, принявших такое решение, понесенных убытков независимо от продления срока действия решения о предварительном согласовании места размещения объекта.

Решение о предварительном согласовании места размещения объекта или об отказе в размещении объекта может быть обжаловано заинтересованными лицами в суде. В случае признания в судебном порядке недействительным решения о предварительном согласовании места размещения объекта исполнительный орган государственной власти или орган местного самоуправления, принявшие такое решение, возмещают гражданину или юридическому лицу расходы, понесенные ими в связи с подготовкой документов, необходимых для принятия решения о предварительном согласовании места размещения объекта.

В городах федерального значения Москве и Санкт-Петербурге выбор земельных участков для строительства осуществляется органом исполнительной власти соответствующего субъекта Российской Федерации, если иное не предусмотрено законами этих субъектов Российской Федерации.

Например, в г. Москве в соответствии с Распоряжением Мэра Москвы от 14 августа 1996 года №240/1-РМ действует Городская комиссия по предоставлению земельных участков и градостроительному регулированию.

Во-вторых, на следующей стадии предоставления земельного участка для строительства объекта после предварительного согласования места его размещения – уполномоченный орган принимает решение о предоставлении земельного участка. Основанием для принятия такого решения служит, согласно ст. 32 Земельного кодекса решение о предварительном согласовании места размещения объекта.

На основании решения о предварительном согласовании места размещения объекта и проекта границ земельного участка по заявкам и за счет граждан или юридических лиц, заинтересованных в предоставлении земельного участка для строительства, устанавливаются границы земельного участка на местности. Установление на местности границ земельного участка с закреплением их межевыми знаками и определением их координат является, согласно статьи 17 Федеральный закон РФ от 18 июня 2001 г. №78-ФЗ «О землеустройстве», составной частью работ по межеванию земельных участков.

Межевание земельных участков осуществляется на основе сведений государственного земельного кадастра, землеустроительной, градостроительной и иной связанной с использованием, охраной и перераспределением земель документации.

Проект межевания территории включает в себя чертежи межевания территории, на которых отображаются: красные линии, утвержденные в составе проекта планировки территории; линии отступа от красных линий в целях определения места допустимого размещения зданий, строений, со-

оружений; границы застроенных земельных участков, в том числе границы земельных участков, на которых расположены линейные объекты, а также границы формируемых земельных участков, планируемых для предоставления физическим и юридическим лицам для строительства. При этом обозначаются границы земельных участков, предназначенных для размещения объектов капитального строительства федерального, регионального или местного значения; границы территорий объектов культурного наследия; границы зон с особыми условиями использования территорий, а также границы зон действия публичных сервитутов.

В составе проектов межевания территорий осуществляется подготовка градостроительных планов земельных участков.

В процессе межевания производятся следующие работы:

- определение границ земельного участка на местности и их согласование;
- закрепление на местности местоположения границ земельных участков межевыми знаками и определение их координат или составление иного описания местоположения границ земельных участков;
- изготовление карты (плана) земельного участка (межевого плана земельного участка).

Межевание земельных участков в настоящее время осуществляется государственными, муниципальными и частными организациями, имеющими лицензии на выполнение геодезических и проектно-изыскательских работ.

После проведения межевания земельного участка и составления межевого плана необходимо провести государственный кадастровый учет этого земельного участка в порядке, установленном законодательством о государственном земельном кадастре.

В соответствии с Федеральным законом «О государственном земельном кадастре» для проведения государственного кадастрового учета земельных участков органы государственной власти, органы местного самоуправления, заинтересованные правообладатели земельных участков или уполномоченные правообладателями земельных участков лица подают в органы, осуществляющие деятельность по ведению государственного земельного кадастра, заявки, правоустанавливающие документы на земельные участки и документы о межевании земельных участков.

В результате проведения государственного кадастрового учета земельных участков заявителям должны быть выданы удостоверенные в установленном порядке кадастровые карты (планы) земельных участков. Исполнительный орган государственной власти или орган местного самоуправления на основании заявления гражданина или юридического лица, заинтересованных в предоставлении земельного участка для строительства, и приложенной к нему кадастровой карты (плана) земельного участка в двухнедельный срок принимает решение о предоставлении земельного участка для строительства.

При предоставлении испрашиваемого земельного участка в результате его изъятия, в том числе путем выкупа, для государственных или муниципальных нужд одновременно с решением о предоставлении земельного участка принимается решение о соответствующей форме изъятия такого земельного участка.

Условия предоставления земельных участков для государственных или муниципальных нужд должны предусматривать возмещение всех убытков, связанных с изъятием этих земельных участков у землепользователей, землевладельцев, расторжением или прекращением договоров их аренды.

Если в отношении земельного участка, расположенного в границах городского или сельского поселения, имеются градостроительная документация о застройке и градостроительный регламент, т.е. все необходимые параметры (площадь, границы земельного участка, информация об обеспеченности инфраструктурой, параметры объекта строительства, виды разрешенного использования земельного участка), то предварительное согласование места размещения объекта не проводится.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

УДК 691.539.166

*Докт. техн. наук, проф. С.А. Ахременко; докт. техн. наук, проф. Н.П. Лукутцова
(Брянская государственная инженерно-технологическая академия)
Россия, г. Брянск, тел. 8 (4832) 74-60-08; e-mail: mail@bgita.ru*

СНИЖЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ СЫРЬЯ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проанализированы и обобщены данные о накоплении и перераспределении естественных радионуклидов и ^{137}Cs в сырье и строительных материалах и способы снижения их радиоактивности.

Data of the sources and ways of accumulation and redistribution of natural radionuclides and ^{137}Cs in raw materials components and building materials are studied and summerized.

В соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-99) [1] эффективная удельная активность ($A_{\text{эфф}}$) природных радионуклидов (РН) в строительных материалах, а также в отходах промышленного производства, используемых для изготовления строительных материалов строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях, не должна превышать $A_{\text{эфф}} \leq 370$ Бк/кг (I класс).

На территориях, пострадавших от ЧАЭС, кроме естественных, свой вклад в радиационный фон помещений вносят и искусственные (техногенные) радионуклиды, такие как ^{137}Cs и ^{90}Sr [2].

Актуальной проблемой, вызывающей большой научный интерес, является поиск новых эффективных путей, позволяющих снизить радиационный уровень как сырья, так и строительных материалов и изделий, получаемых из него.

Зная закономерности распределения естественных и техногенных радионуклидов в структуре исходных сырьевых компонентов и поведение в процессе технологической переработки в строительные материалы, можно на стадии проектирования оценить их содержание в готовых изделиях и вовремя внести коррективы для получения продукции, соответствующей нормативным требованиям.

Содержание естественных и техногенных радионуклидов в строительных материалах зависит от следующих основных факторов:

- концентрации в сырье;
- состава материала;
- технологии получения.

Как показали проведенные исследования при производстве строительных материалов и изделий содержание радионуклидов в зависимости от состава сырья и особенностей технологических процессов может оставаться без изменений, возрастать или снижаться. Однако без применения дополнительных технологических приемов их концентрация в материалах, как правило, не уменьшается.

Содержание естественных радионуклидов (ЕРН) в сырьевых материалах и промышленных отходах характеризуется большим разбросом показаний по эффективной удельной активности (от 7 до 4700 Бк/кг) и зависит от места производства сырья. Одни и те же строительные материалы, добываемые или изготавливаемые в разных областях, могут значительно различаться по удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

Главными источниками поступления в строительные материалы ЕРН являются минералы и горные породы, происхождение которых неразрывно связано с включением в их состав радиоактивных элементов, возникших в период формирования и развития планеты. Строительные материалы обычно содержат в своем составе естественные радионуклиды, принадлежащие семействам урана-238, тория-232 и калия-40.

Установлено, что основными технологическими приемами снижения содержания радионуклидов в сырье являются следующие [3, 4]:

- декантация водой;
- декантация водными слабокислыми растворами соляной, уксусной, щавелевой и других кислот;
- отсеивание и удаление пылеватых частиц;
- разбавление более «чистыми» сырьевыми материалами.

Результаты исследований показали, что естественные радионуклиды могут содержаться в объеме материала, изоморфно замещая ионы кремния, алюминия и железа или адсорбироваться совместно с соединениями Fe^{3+} и Al^{3+} на поверхности кварцевых частиц, в трещинах и порах либо в составе тонкодисперсной глинистой фракции в виде карбоната или сульфата радия. В этом случае можно в значительной степени понизить их содержание декантацией водой либо растворами слабых кислот.

Так, при декантации водой глауконитового песка эффективная удельная активность естественных радионуклидов уменьшается на 30-33%, а при декантации раствором соляной кислоты 0,03-0,3% – на 50-56% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние вида обработки природного и техногенного сырья на изменение радионуклидного состава

Вид обработки	Удельная активность радионуклида, Бк/кг			Эффективная удельная активность, $A_{эфф}$, Бк/кг
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	
Глауконитовый песок				
Контрольная проба	83,7	9,8	245,0	117,4
Вода	63,4 (24%)	0 (100%)	181,1 (26%)	78,8 (33%)
HCl 0,03%	45,8 (45%)	0 (100%)	161,0 (34%)	59,5 (50%)
HCl 0,3%	39,6 (53%)	0 (100%)	142,8 (42%)	51,7 (56%)
Зола-уноса				
Контрольная проба	170,8	159,0	258,0	401,0
HCl 0,03%	88,7 (48%)	92,2 (42%)	89,9 (65%)	217,1 (46%)
HCl 0,3%	71,1 (58%)	91,7 (42%)	79,5 (69%)	198,0 (51%)
Уксусная кислота 0,5%	57,6 (66%)	61,5 (61%)	196,5 (24%)	154,9 (61%)
Щебень гранитный с отсеянной фракцией менее 0,16 мм				
Контрольная проба	145,1	92,4	1329,0	379,1
Вода	134,0 (8%)	88,3 (4%)	1298,0 (2%)	360,3 (5%)
Щебень гранитный				
Контрольная проба	163,6	97,2	1390,0	409,1
Отсев фракции менее 0,16 мм	138,4 (22%)	89,8 (7)	1154 (17)	354,1 (13%)

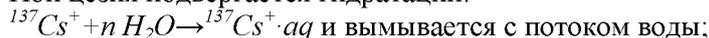
Примечание: в скобках приводится процент снижения содержания естественных радионуклидов (по сравнению с контрольной пробой) после соответствующей обработки.

Радионуклиды искусственного происхождения находятся, на поверхности минерального сырья только в адсорбированном виде, осаждаясь вместе с пылью и дождем.

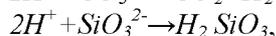
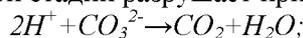
В связи с этим, в качестве основных методов удаления цезия-137 следует рассмотреть следующие:

а) декантация водой:

Ион цезия подвергается гидратации:



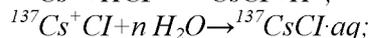
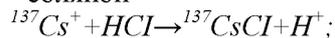
б) декантация растворами кислот: данный способ удаления иона цезия-137 более эффективен по сравнению с вымыванием водой. По-видимому, это можно объяснить тем, что кислота на первой стадии разрушает примеси карбонатов и силикатов:



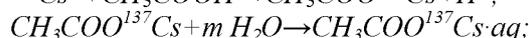
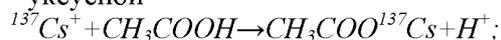
в результате чего поверхность породы становится более рыхлой, а ион цезия более подвижным.

На второй стадии протекает ионообменная реакция иона цезия с соответствующей кислотой, последующая гидратация получившихся соединений и вымывание их с потоком воды:

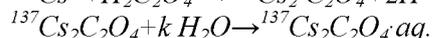
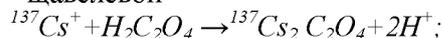
- соляной



- уксусной



- щавелевой



При декантации мелкого заполнителя водой можно снизить удельную активность цезия-137 на 45-50% и при декантации слабокислыми растворами соляной и уксусной кислот более чем на 95%.

Уменьшить содержание естественных радионуклидов, находящихся в составе кристаллической решетки, можно за счет обнаруженной автором [3] закономерности, заключающейся в том, что при дроблении каменных пород и техногенного сырья, а также тепловой обработке (сушке, обжиге) материалов и изделий наблюдается обогащение естественными радионуклидами наиболее мелких фракций обрабатываемых материалов. Учитывая это, рекомендуется удалять пылеватые частицы, мелкие отсеивы дробления и пыль-уноса из сырьевых смесей, что позволяет снизить содержание естественных радионуклидов в готовом продукте на 15-40% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние фракционного состава на эффективную удельную активность сырьевых компонентов

Наименование материала	Фракция, мм	Активность, Бк/кг			Эффективная удельная активность, Бк/кг
		²⁶ Ra	³² Th	⁰ K	
Глауконитовый песок	0,31 5	8,2	,4	27,9	109,9
То же	0,16	74,2	0,8	77,2	212,0
То же	<0,1 6	10,3	1,4	24,6	252,8
Зола-уноса	0,16	55,2	28,4	79,6	347,2
То же	0,07 1	88,1	30,8	88,2	384,0
То же	<0,0 71	47,0	34,0	94,1	447,5

Отсеивание пылеватых частиц из щебня снижает удельную активность радия-226 на 22%, а эффективную удельную активность на 13%, цезия-137 до 40-60%, а бетона на таком заполнителе на 20-40%. Поэтому отсев и удаление пылеватых частиц рекомендуется как простой и эффективный способ улучшения радиационного качества заполнителей.

Разбавление сырья более «чистыми» материалами приводит к закономерному уменьшению удельной активности радионуклидов. Так, при добавлении к нефтегрунту удельной активностью 755,5 Бк/кг 40% кварцевого песка удельная активность цезия-137 снижается до 465,3 Бк/кг, т.е. в 1,6 раза, а при его содержании 60% - до 318,4 Бк/кг, т.е. в 2,4 раза.

При тепловых процессах, сопровождающихся сушкой или диссоциацией глинистых, карбонатных или других пород, содержание радионуклидов возрастает пропорционально потере массы материалов за счет их концентрирования обычно в 1,1-3,75 раза [3]. Конечное содержание естест-

венных радионуклидов в материалах и изделиях зависит от исходной концентрации в сырьевых материалах, вида сырья, температуры и продолжительности процесса обжига.

Для оценки концентрирования естественных и техногенных радионуклидов в материалах, получаемых высокотемпературной обработкой, предложен показатель – коэффициент концентрирования ($K_{кц}$, доли единицы), который представляет собой отношение удельной активности радионуклидов в материале после высокотемпературной обработки к удельной активности РН до высокотемпературной обработки [3]:

$$K_{кц} = A_{эфф2} / A_{эфф1}, \quad (1)$$

где $A_{эфф1}$ и $A_{эфф2}$ – удельная активность радионуклидов до и после высокотемпературной обработки (спекания, плавления), Бк/кг.

С целью установления фактических значений удельной активности цезия-137 в процессе производства керамических материалов контролировался его баланс в сырьевых материалах, сырье и готовой продукции.

Выполненные исследования, показали, что удельная активность цезия-137, в процессе обжига керамической массы увеличивается в 1,3 раза от 28,6 Бк/кг (необожженный керамический кирпич) до 37,1 Бк/кг (обожженный керамический кирпич) (табл. 3).

Таблица 3

Удельная активность цезия-137 в компонентах сырьевой смеси и керамическом кирпиче [4]

Наименование материала	Содержание, %	Удельная активность цезия-137, Бк/кг
Суглинок	69	18,7±3
Глина	27	21,3±2
Опилки	2	49,4±9
Необожженный керамический кирпич	100	28,6±3
Обожженный керамический кирпич	100	37,1±9
Обожженный / необожженный керамический кирпич (коэффициент концентрирования, $K_{кц}$ цезия-137, Бк/кг)	1	1,3

Было установлено, что коэффициенты концентрирования у материалов, получаемых плавлением выше, чем у материалов, получаемых спеканием (табл. 4). У силикатного стекла $K_{кц}$ по Cs-137 составляет 1,91, у базальтового волокна 1,77, керамических изделий – 1,29-1,32. Коэффициент концентрирования по Cs-137 клинкера портландцемента, получаемого спеканием до плавления, занимает промежуточное положение и равен 1,64.

Таблица 4

Коэффициенты концентрирования естественных радионуклидов и цезия-137 в строительных материалах, получаемых высокотемпературной обработкой [4]

№ п/п	Наименование материала	Коэффициент концентрирования РН $K_{кц}$ отн. ед.	Коэффициент концентрирования ^{137}Cs $K_{кц}$ отн. ед.
1	Стекло, силикатное ОАО «Ивостекло», Брянская обл.	1,83	1,91
2	Базальтовое волокно, АП «Брянский комбинат строительных материалов», г. Брянск	1,65	1,70
3	Клинкер портландцемента ОАО «Мальцовский портландцемент», г. Фокино, Брянская обл.	1,61	1,64
4	Камни керамические, ЗАО «Строма», Брянская обл.	1,32	1,32
5	Кирпич керамический пустотелый, АП «Брянский комбинат строительных материалов», г. Брянск	1,23	1,25

В соответствии с НРБ-99 [1] эффективная удельная активность ЕРН для материалов I-го класса не должна превышать 370 Бк/кг. Тогда, эффективная удельная активность ЕРН керамического кирпича с учетом коэффициента концентрирования составит:

$$A_{\text{эффк}} = K_{\text{кц}} \cdot A_{\text{эффгл}} \leq 370, \quad (2)$$

где $A_{\text{эффк}}$ и $A_{\text{эффгл}}$ – эффективная удельная активность керамического кирпича и глины соответственно, Бк/кг.

Максимально допустимое значение эффективной удельной активности глины, применяемой для производства керамических материалов, с учетом коэффициента концентрирования можно определить из условия:

$$A_{\text{эффгл}} \leq 370 / K_{\text{кц}}. \quad (3)$$

Учитывая, что кроме естественных в глине может содержаться цезий-137, формула (3) будет иметь следующий вид:

$$A_{\text{эффгл}} + A_{137\text{Cs}_{\text{гл}}} \leq 370 / K_{\text{кц}}, \quad (4)$$

где $A_{137\text{Cs}_{\text{гл}}}$ – удельная активность цезия-137, Бк/кг; $K_{\text{кц}}$ – коэффициент концентрирования цезия-137, отн. ед.

Установлено, что коэффициент концентрирования цезия-137 в керамических материалах и изделиях линейно зависит от усадки глины и описывается следующим уравнением, полученным методом наименьших квадратов:

$$K_{\text{кц}} = 0,017 \cdot y / C + 1,107, \quad (5)$$

где $K_{\text{кц}}$ – коэффициент концентрирования, отн. ед.; y – объемная усадка глины, %; C – переводной коэффициент.

Данное уравнение свидетельствует о наличии линейной корреляционной связи между двумя этими показателями и позволяют рассчитать удельную активность ^{137}Cs в обожженных керамических материалах ($A_{\text{км}137\text{Cs}}$) по его содержанию в сырье ($A_{\text{с}137\text{Cs}}$) и объемной усадке глинистой массы (y):

$$A_{\text{км}137\text{Cs}} = (0,017 \cdot y / C + 1,107) \cdot A_{\text{с}137\text{Cs}}. \quad (6)$$

Полученные зависимости между объемной усадкой глинистых материалов и коэффициентом концентрирования цезия-137 позволяет на стадии проектирования оценить радиоактивность керамических материалов и изделий после обжига.

Как было установлено, эффективная удельная активность бетонов и растворов подчиняются принципу аддитивности [3], и зависит от эффективной удельной активности естественных радионуклидов в исходных компонентах и их массовой доли в готовых изделиях:

$$A_{\text{эфф}} = \sum_{i=1}^n (A_{\text{эффи}} \cdot q_i) / q_i = (A_{\text{эфф1}} \cdot q_1 + A_{\text{эфф2}} \cdot q_2 + \dots + A_{\text{эффн}} \cdot q_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n), \quad (7)$$

где $A_{\text{эфф1}}$, $A_{\text{эфф2}}$, $A_{\text{эффн}}$ – эффективная удельная активность компонентов материала, Бк/кг; q_1 , q_2 , q_n – массовые доли компонентов материала, доли единицы.

С учетом содержания цезия-137 формула (7) будет иметь вид:

$$A = \sum_{i=1}^n (A_{\text{эффи}} \cdot q_i) / q_i + \sum_{i=1}^n (A_{137\text{Cs}} \cdot q_i) / q_i \quad (8)$$

Тогда для получения строительных материалов, относящихся к I-му классу по радиационной безопасности, при одновременном присутствии естественных радионуклидов и цезия-137 нормируемая активность радионуклидов должна быть снижена на величину удельной активности Cs-137:

$$A = 370 - A_{137\text{Cs}}, \quad (9)$$

где A – суммарная активность радионуклидов, Бк/кг; $A_{137\text{Cs}}$ – удельная активность цезия-137, Бк/кг.

В настоящее время нормативные документы, действующие на территории России, суммарное содержание естественных и техногенных радионуклидов в сырье и строительных материалах не учитывают.

Таким образом, проанализированы технологические приемы снижения радиоактивности сырья и строительных материалов на его основе. Выявлены закономерности распределения и перераспределения естественных и техногенных радионуклидов в процессе технологической переработки сырья в строительные материалы и получение изделий с низкой радиоактивностью.

Литература

1. Нормы радиационной безопасности [Текст]. НРБ – 99. – М.: Изд-во Минздрава России, 1999. – 115 с.
2. Ахременко, С.А. Строительные материалы и конструкции как объекты реабилитации в радиоактивно загрязненных районах [Текст] / С.А. Ахременко, В.Я. Гегерь // Реабилитация загрязнённых территорий с повышенной радиоактивностью. Тезисы докладов наун.-техн. конф. 25 ноября 1994 г. Брянск.: Изд-во БГИТА, 1994. – С. 3-6.
3. Лукутцова, Н.П. Строительные материалы в экологическом аспекте Текст / Н.П. Лукутцова. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2001. – 215 с.
4. Лукутцова, Н.П. Рекомендации по снижению облучения населения цезием-137, содержащимся в строительных материалах [Текст] / Н.П. Лукутцова, В.И. Пархоменко, С.В. Васюнина. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2007. – 18 с.

УДК 694.19

*Докт. техн. наук, проф. Ю.И. Гончаров; асп. С.В. Солопов; студ. Д.А. Милов
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 76-00-59; e-mail: Solopov_house@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МИНЕРАЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ КАЗНАЧЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Приведены результаты исследования минералогического, химического составов и технологических свойств глинистых пород Казначеевского месторождения Орловской области.

Исследование глинистых пород Казначеевского месторождения Орловской области, представленных четвертичными суглинками с повышенным содержанием карбонатов, проводилось с целью комплексного изучения особенностей минералогического, химического составов и технологических свойств суглинков, предполагаемых для использования в качестве основного сырья для производства керамического кирпича. Толща суглинков рассматриваемого участка месторождения имеет однородное строение по всей площади. Мощность полезной толщи изменяется от 1,2 до 7,6 м, в среднем составляет 3,6 м. К вскрышным породам относится почвенно-растительный слой мощностью от 0,2 до 1,2 м, в среднем 0,6 м. Подстилающими породами являются пески меловой системы и известняки верхнего девона.

Для более полной характеристики месторождения и для проведения экспериментальных исследований на участке месторождения были заложены четыре шурфа для отбора технологических проб сырьевых материалов. Пробы отбирались с глубины от 1 до 4,5 м как механизированным (при помощи экскаватора с телескопическим рабочим оборудованием), так и ручным способом. Отбор проб производился с интервалом в 1 м (по глубине). Всего было отобрано 17 проб сырья. Масса каждой пробы в среднем составляла 8-12 кг. Также была отобрана одна проба подстилающего слоя в основании профиля карьера на глубине 7,5-8 м.

Визуальный осмотр проб показал, что исследуемые суглинки макроскопически представляют собой однородную рыхловатую породу светло-коричневого цвета с многочисленными «прожилками» белого цвета длиной 1-10 мм при ширине 0,5-1,0 мм. Не исключено, что эти включения являются органическими остатками, замещенными CaCO_3 . При обжиге проб при температурах $t=600; 900$ и 1100°C данные включения не исчезли, а приобрели более четкие границы и более насыщенный белый цвет. Все пробы сырья бурно реагировали с 10%-ным раствором соляной кислоты (НСl) и легко распускались в воде.

Химический анализ сырья, ввиду его однородности и большого количества проб, проводился не для всех 17 проб, а для 9 (рассматривался верхний, средний и нижний горизонты шурфов).

По результатам опробования всего было выполнено 9 химических анализов в комплексной испытательной аналитической лаборатории ООО «Белгородгеология» по общепринятым методикам [1-4]. Определение потери массы при прокаливании глинистого сырья проводилось по методике, изложенной в [5]. Химический состав исследуемого глинистого сырья представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав глинистого сырья Казначеевского месторождения

№ п/п	№ шурфа	№ пробы	Глубина отбора пробы h , м	Содержание оксидов, %				п.п.п.
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1*	1	-	-	-	-	-
2		2	2	65,05	9,17	6,97	3,30	9,27
3		3*	2,5÷3	-	-	-	-	-
4		4	3,5÷4	66,57	11,34	2,74	4,73	7,91
5	2	5*	1	-	-	-	-	-
6		6	2	67,68	9,50	4,80	3,59	7,79
7		7*	2,5÷3	-	-	-	-	-
8		8*	3,5÷4	-	-	-	-	-
9	3	9	4,5	84,45	5,14	1,38	2,79	3,59
10		10	1÷1,5	72,31	10,64	1,08	4,09	5,18
11		11*	2	-	-	-	-	-
12		12	2,5÷3	94,71	1,41	0,20	1,26	0,91
13	4	13	1	67,15	7,82	2,49	9,55	7,39
14		14*	2	-	-	-	-	-
15		15	3	65,90	10,11	6,18	4,09	8,63
16		16	4,5	66,12	11,08	3,64	4,73	8,90
17	-	17*	7,5-8	-	-	-	-	-

Примечание: для образцов, помеченных знаком «*», химический анализ не проводился

Анализ данных таблицы 1 позволяет отнести глинистое сырье Казначеевского месторождения по содержанию Al₂O₃ к группе кислых пород; по содержанию красящих оксидов (Fe₂O₃) - к группе с высоким содержанием красящих оксидов; по содержанию свободного кремнезема - к группе с высоким содержанием кварца.

Минералогический состав исследуемых глинистых пород был изучен по данным рентгенофазового анализа, для проведения которого было подготовлено 17 образцов сырья.

Рентгенофазовый анализ проводился в автоматизированном режиме на дифрактометре ДРОН-3М в специализированной рентгеновской лаборатории. Обработка дифрактограмм проводилась с использованием программного комплекса «Дифрактометры». Дифрактограмма усредненной (характерной) пробы приведена на рисунке 1.

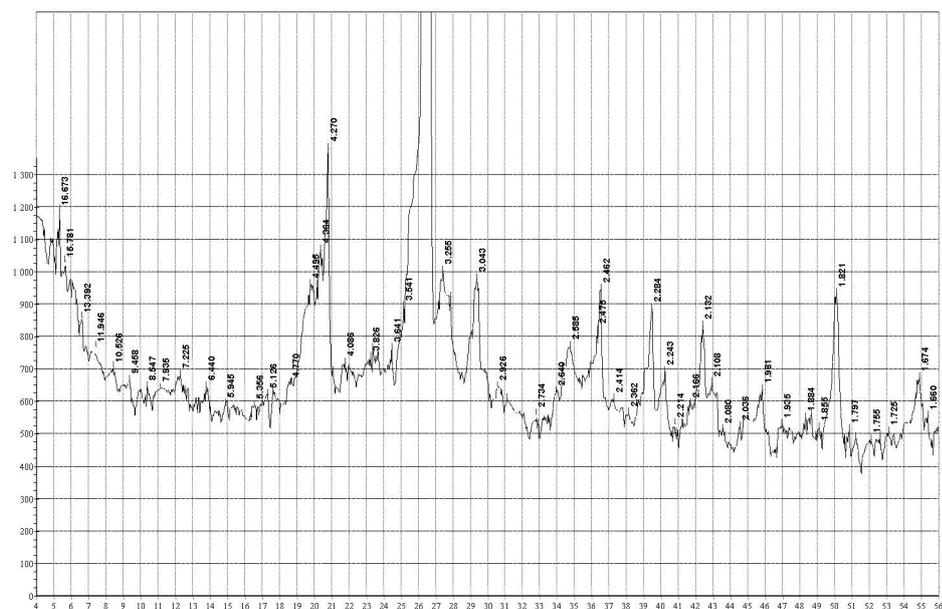


Рис. 1. Дифрактограмма усредненной (характерной) пробы глинистой породы (Казначеевское)

месторождение суглинков)

Анализ дифрактограмм всех проб позволил установить, что основной минеральной фазой глинистого сырья является кварц (d/n - 4,27; 3,35; 2,47; 2,28; 2,139; 1,822Å) - 55-60%. Из других минеральных компонентов наблюдается высокое содержание кальцита (d/n - 3,04-3,06Å) - местами до 12-15%, в среднем 6-8%, полевых шпатов (d/n - 6,44; 3,26; 3,20Å) - 5-15% и гидроксидов железа и сидерита (Fe_2CO_3) - в среднем до 4%. Отражения на дифрактограммах, характерные для глинистых минералов, выражены крайне слабо. В очень ограниченных количествах присутствуют каолинит с d/n - 7, 16-7,22Å, иллит с d/n - 10,1-10,2Å и монтмориллонит с d/n - 12,1-15,0Å. О низком содержании глинистой составляющей свидетельствуют и данные химического анализа, в частности, количество Al_2O_3 в них в среднем не превышает 10%. Если учесть, что часть оксида алюминия входит в состав полевых шпатов, то на долю глинистых минералов может приходиться не более 6-8% оксида алюминия. В связи с этим содержание глинистого компонента в породе вряд ли превышает 8-12%, и ее следует отнести к категории супесей, обогащенных карбонатом кальция и полевыми шпатами. Необходимо отметить, что наличие полевых шпатов в глинистых отложениях месторождения установлено впервые.

В ходе исследований был изучен ряд технологических свойств глинистых пород: формовочная влажность, число пластичности, коэффициент чувствительности к сушке (КЧС), воздушная линейная усадка, огневая и полная усадка, содержание водорастворимых солей (определялся качественный характер засоления глинистого сырья). Технологические характеристики глинистых пород, исследуемых в данной работе, определялись и устанавливались по соответствующим нормативным документам и общепринятым методикам на основании результатов испытаний всех 17 проб, которые предварительно высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, а затем измельчались в грунтовой мельнице типа МГ-2. На каждый вид лабораторных испытаний отбиралась сокращенная проба, подготовка которой носила частный характер по соответствующим методикам.

Результаты экспериментальных исследований по определению технологических свойств глинистого сырья Казначеевского месторождения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения технологических свойств глинистых пород Казначеевского месторождения

№ п/п	№ шурфа	№ пробы	Глубина отбора пробы h , м	Формовочная влажность W , (%)	Среднее значение формовочной влажности $W_{ср.}$, %	Число пластичности	Среднее значение числа пластичности	КЧС	Среднее значение КЧС	Содержание ионов		
										Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	22	21	14	14-15	1,6	1,7	-	+	+
2		2	2	21		15		1,7		-	+	+
3		3	2,5÷3	20		15		1,7		-	+	+
4		4	3,5÷4	20		14		1,7		-	+	+
5	2	5	1	22		15		1,8		-	+	+
6		6	2	21		14		1,6		-	+	+
7		7	2,5÷3	21		14		1,7		-	+	+
8		8	3,5÷4	21		14		1,7		-	+	+
9	3	9*	4,5	19		9		1,5		-	+	+
10		10	1÷1,5	20		12		1,6		-	+	+
11		11*	2	18		9		1,7		-	+	+
12		13	1	21		15		1,8		-	+	+
13	4	14	2	21		14		1,7		-	+	+
14		15	3	21		15		1,8		-	+	+
15		16	4,5	20		14		1,8		-	+	+

Примечание: Пробы, обозначенные знаком «*», сильно запесочены

Линейная воздушная усадка по данным таблицы 2 в среднем составила 7,0%. Огневая усадка в интервале температур 900-1050⁰С колеблется от 0 до 1,3%, в среднем составляя 0,2%. При температуре 1100⁰С огневая усадка резко увеличивается и достигает среднего значения 4,3%.

При проведении качественных реакций на отдельные ионы (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+}) было выявлено наличие в водной вытяжке из исследуемых суглинков сульфат-ионов (слабая муть - «следы» SO_4^{2-}) в количестве 1-0,1 мг на 100 мл и ионов кальция (при стоянии раствора появлялась слабая муть, свидетельствующая о содержании иона Ca^{2+} в количестве 1-0,1 мг на 100 мл).

Выводы

Глинистые породы Казначеевского месторождения являются сырьем сложного минералогического состава. Высокое содержание карбонатов, в том числе и в виде достаточно крупных включений, предусматривает при разработке технологии тонкое измельчение породы с дальнейшим тщательным перемешиванием. Не исключено, что для полной нейтрализации карбоната кальция потребуется дополнительно вводить аморфный кремнезем в виде диатомита, опоки или трепела. Одной из особенностей рассматриваемой породы является высокое содержание полевого шпата. Полевой шпат при 1100°C при взаимодействии с оксидами железа образует легкоплавкие эвтектики, что способствует жидкофазному спеканию и получению материала с высокими физико-механическими характеристиками. В связи с этим температура обжига изделий должна быть в пределах $1080-1100^\circ\text{C}$.

Высокая чувствительность к сушке и наличие растворимых солей, которые четко проявляются в виде зеленовато-серого налета при пластическом формовании, заставляет отдать предпочтение методу полусухого формования, хотя добавки в глинистую массу до 10% крупнозернистого песка могут существенно улучшить сушильные свойства глинистой массы и в значительной степени устранить появление высолов на поверхности образцов.

Литература

1. ГОСТ 2642.3-97. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида кремния (IV) [Текст]. – Взамен ГОСТ 2642.3-86; введ. 2000-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.
2. ГОСТ 2642.4-97. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида алюминия [Текст]. – Взамен ГОСТ 2642.4-86; введ. 2000-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.
3. ГОСТ 2642.5-97. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида железа (III) [Текст]. – Взамен ГОСТ 2642.5-86; введ. 2000-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.
4. ГОСТ 2642.7-97. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида кальция [Текст]. – Взамен ГОСТ 2642.7-86; введ. 2000-07-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.
5. ГОСТ 3594.15-93. Глины формовочные огнеупорные. Метод определения потери массы при прокаливании [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1994.

УДК 625.855.3

М.н.с. О.В. Дровалева

(Ростовский государственный строительный университет)

Россия, г. Ростов-на-Дону, тел. 8 (863) 263-77-76; e-mail: dortransnii@mail.ru

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РЕЖИМОВ ИСПЫТАНИЙ АСФАЛЬТОБЕТОНА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ МАТЕРИАЛА В ПОКРЫТИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСТАЛОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрены эксплуатационные условия работы асфальтобетонных покрытий при воздействии скоростного транспортного потока. Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований динамических характеристик напряженно-деформированного состояния асфальтобетонных покрытий. Предложен способ выбора режимов лабораторных испытаний асфальтобетона в зависимости от условий его эксплуатации в покрытии.

In article operational working conditions asphalt concrete coverings are considered at influence of a high-speed transport stream. Results of experimental and theoretical researches of dynamic characteristics of the intense-deformed condition asphalt concrete coverings are presented. The way of a choice of modes of laboratory researches asphalt concrete depending on conditions of its operation in a covering is offered.

За последние годы на дорогах России наблюдается значительный рост интенсивности движения, скоростных режимов транспортных средств и грузоподъемности автомобилей. В современных условиях эксплуатации происходит увеличение количества приложений транспортных нагрузок в единицу времени, что обуславливает ускоренное развитие усталостных процессов в асфальтобетонном покрытии.

Усталостная прочность (способность сопротивляться усталостным процессам) асфальтобетона является важнейшей характеристикой, определяющей долговечность асфальтобетонного покрытия и дорожной одежды в целом. Исследование усталости асфальтобетонов в лабораторных условиях позволяет подобрать вид и состав материала, обладающие наибольшей долговечностью в зависимости от условий нагружения покрытия. Безусловно, лабораторные исследования должны проводиться при условиях, максимально соответствующих рассматриваемым эксплуатационным режимам нагружения.

Многие отечественные ученые занимались исследованием работы нежестких дорожных одежд и асфальтобетонных покрытий под действием подвижных нагрузок (Б.С. Радовский, А.М. Кривисский, В.Ф. Бабков, Д.З. Ермакович, А.Г. Малофеев, А.В. Руденский, Г.С. Бахрах, В.А. Золотарев, А.В. Смирнов, Б.И. Ладыгин, А.О. Салль).

В процессе теоретических и экспериментальных исследований, стремясь учитывать динамический характер воздействия транспорта на нежесткие дорожные конструкции и особенности деформирования асфальтобетонного покрытия, исследователи устанавливали длительность и величину воздействия автомобиля в пределах динамической чаши прогиба, форму чаши прогиба, частоту нагружения покрытия, величину динамических прогибов покрытия, значения растягивающих и сжимающих напряжений, возникающих в покрытии при проезде. Установленные характеристики нагружения в дальнейшем использовались при испытании асфальтобетона в лабораторных условиях.

Одной из важнейших характеристик динамического воздействия транспортного потока на асфальтобетонное покрытие является частотный спектр нагружения. Интенсивность и механизм усталостных процессов в упруго-вязко-пластичном асфальтобетоне определяются, главным образом, частотным спектром воздействия. В настоящее время частотный диапазон нагружения асфальтобетона при проведении большинства лабораторных испытаний на усталостную долговеч-

максимальные растягивающие напряжения на поверхности покрытия и на нижней его грани для двух типичных дорожных конструкций с толщиной асфальтобетонного покрытия 20 и 10 см. Дорожная конструкция в модели представлена слоями покрытия, основания и грунтом земляного полотна. Воздействие представлено в виде импульса длительностью $t=0,015$ сек., который приложен на поверхность системы «дорожная конструкция – грунт».

Таблица 1

Частотные режимы нагружения слоев асфальтобетонных покрытий (оснований различной толщины при расчетных скоростях движения транспортных средств)

Назначение дороги	Расчетная скорость движения автомобилей, км/ч	Частота нагружения в середине слоя асфальтобетонного покрытия, Гц		
		Традиционные покрытия (толщина 10,2-30,5 см)	Тонкие поверхностные слои (толщина 2,5-7,6 см)	Нижние слои покрытия/основания (толщина 7,6-30,5 см)
Межштатные	97	15-40	45-95	10-25
Главные штатные	73	10-30	35-70	15-20
Городские	24	5-10	10-25	5-10
Местные	0.81	0.1-0.5	0.5-1.0	0.1-0.25

В местах контакта колес моделируемого автомобиля с дорожной одеждой создается давление равное давлению, создаваемому расчетным автомобилем. Результаты расчета для конструкций представлены в таблице 2.

Таблица 2

Максимальные растягивающие напряжения в пакете асфальтобетонных слоев

Вид конструкции	Растягивающие напряжения, МПа на нижней грани пакета/на поверхности покрытия			
	Весна	Лето	Осень	Зима
Толщина а/б покрытия $h=20$ см	<u>0,31</u> 0,07	<u>0,08</u> 0,08	<u>0,30</u> 0,083	<u>0,40</u> 0,13
Толщина а/б покрытия $h=10$ см	<u>0,67</u> 0,18	<u>0,04</u> 0,10	<u>0,64</u> 0,23	<u>0,90</u> 0,41

Растягивающие напряжения на нижней грани пакета асфальтобетонных слоев для конструкции с тонким покрытием превышают значения для утолщенных покрытий в 2 раза практически во все периоды года, исключение составляют лишь летние месяцы, когда наблюдается обратная тенденция.

Растягивающие напряжения на поверхности в зимний период для обеих конструкций превышают значения напряжений в остальные периоды года менее чем в 2 раза.

Значения максимальных растягивающих напряжений, возникающих на поверхности покрытия существенно меньше, чем значения напряжений на нижней грани для обеих конструкций, за исключением летних месяцев.

Исходя из результатов проведенных экспериментальных и теоретических исследований очевидно, что механизм усталостного трещинообразования и мероприятия по его предотвращению на дорогах высоких и низких категорий с различной толщиной асфальтобетонного покрытия будут отличаться.

Механизм усталостного разрушения асфальтобетона при различных частотах нагружения имеет существенные отличия, выявленные в ходе проведения экспериментальных исследований усталостного разрушения асфальтобетонных образцов-балочек на установке усталостного вибронгружения, разработанной в ДорТрансНИИ [3]. При испытании образцов на низких частотах (17 Гц) в результате многократных изгибных деформаций через определенное число циклов в об-

разце образовывалась одиночная волосяная трещина, которая, постепенно развиваясь, переходила на остальные грани балочки. Образованная магистральная трещина характеризовалась слабым ветвлением. Испытание проходило без видимого выкрашивания минерального материала из пор асфальтобетонных образцов.

Несколько иной механизм усталостного разрушения проявляется при нагружении асфальтобетона с частотой 50-100 Гц. При таком воздействии время нагружения много меньше времени релаксации асфальтобетона, в результате чего в асфальтобетонных слоях не развиваются изгибные деформации, при этом компоненты асфальтобетонной смеси совершают колебания различные по фазе и амплитуде и разрушение происходит за счет выкрашивания минерального материала с последующим появлением трещин в местах образовавшихся пустот. Роль эластичных свойств битума при таком процессе уменьшается, повышается роль адгезии между компонентами асфальтобетона. При экспериментальных исследованиях усталостного разрушения образцов-балочек на высоких частотах (50 Гц) на гранях балочки волосяные трещины образовывались по очереди, в дальнейшем, развиваясь, они образовывали зону усталостного разрушения. В процессе визуального наблюдения за ходом разрушения было отмечено интенсивное выкрашивание минерального материала из пор образца, чего не наблюдалось при испытаниях образцов на низких частотах.

Для установления влияния полимерных добавок на механизм усталостного разрушения были испытаны асфальтобетонные образцы состава №1 (состав асфальтобетонной смеси типа «Б» включает 0,3% полимерной добавки РТЭП), состава №2 (асфальтобетонная смесь типа «Б» без добавки) и состава №3 (асфальтобетонная смесь типа «Б» с добавкой ПАВ). Испытания проводились на низких (17 Гц) и высоких (50 Гц) частотах нагружения.

Сравнение результатов испытаний на низких частотах (17 Гц) показывает существенное увеличение времени до разрушения, выдержанное образцами с полимерной добавкой, по сравнению со временем до разрушения эталонных образцов и образцов с ПАВ (в 2,6 раза).

Влияние ПАВ на усталостную прочность в отличие от низких частот сильно проявилось при испытании на высоких частотах. При испытании на частоте 50 Гц образцы с добавкой ПАВ и с полимерной добавкой показывают увеличение количества циклов до разрушения в 1,7 раза. Полученные результаты также свидетельствуют о различиях в проявлении механизма усталостного трещинообразования на низких и высоких частотах.

Таким образом, представляется необходимым проводить испытания асфальтобетона на усталостную долговечность с учетом области применения (категории дороги и соответствующей толщины покрытия) испытываемого асфальтобетона и характерными для этой области условиями работы (частотные режимы нагружения и амплитуды колебаний).

Так, например, на основании проведенных испытаний на высоких и низких частотах нагружения можно предложить следующие рекомендации по повышению устойчивости асфальтобетонных покрытий к усталостному трещинообразованию: верхний слой покрытия должен быть в меньшей мере подвержен выкрашиванию, что достигается путем введения в состав асфальтобетона добавок, повышающих адгезию вяжущего к каменному материалу, различных ПАВ. Нижний слой, подверженный в основном воздействию изгибных деформаций, должен обладать значительной эластичностью и деформативностью, что достигается за счет увеличения количества содержания вяжущего или введения полимерных модифицирующих добавок.

Дальнейшие исследования механизмов усталостного разрушения в широком частотном диапазоне различных составов модифицированных асфальтобетонов разработанных и широко применяемых в настоящее время в практике дорожного строительства позволят определить наиболее эффективные области применения по критерию усталостного трещинообразования.

Основные результаты.

1. Характеристики нагружения слоев асфальтобетона в покрытии (частота и амплитуда колебаний) являются функцией интенсивности и скоростей движения транспортных средств, толщины покрытия и конструкции дорожной одежды.

2. В частотном спектре колебаний асфальтобетонного покрытия выделяются частотные диапазоны, при которых наблюдаются максимальные амплитуды колебаний покрытия при проезде

транспортных средств. При этом каждому частотному диапазону соответствует определенное значение амплитуды перемещения. При увеличении частоты нагружения амплитуда перемещения соответственно уменьшается.

3. В каждом конкретном случае при оценке усталостной долговечности асфальтобетона того или иного состава в лабораторных условиях необходимо принимать режимы нагружения, максимально соответствующие эксплуатационным: частотные диапазоны нагружения выбираются по спектру колебаний покрытия на данном участке дороги, для каждого диапазона рассчитываются амплитуды перемещений.

4. В общем случае испытание на усталостную долговечность асфальтобетона верхних слоев покрытия для дорог высоких категорий необходимо проводить при высоких частотах и малых амплитудах колебаний. Асфальтобетон для тонкослойных покрытий на низких категориях дорог рекомендуется испытывать при низких частотах и соответствующих высоких амплитудах перемещений, характерных для данных условий эксплуатации.

Литература

1. Илиополов, С.К. Исследование динамического воздействия транспортных средств на стационарных пунктах наблюдений [Текст] / С.К. Илиополов, Е.В. Углова // Дороги и мосты. Сборник / ФГУП РОСДОРНИИ. – М.: вып. 15/1, 2006. – С. 86-96.

2. Guide for Mechanistic-Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures ARA, Inc., ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820 December 1999.

3. Способ оценки усталости асфальтобетона при циклических динамических воздействиях. Патент на изобретение №2299417.

УДК 691.002

Докт. техн. наук, проф. Н.П. Лукутцова; докт. техн. наук, проф. С.А. Ахременко;
инж. Е.Л. Королева

(Брянская государственная инженерно-технологическая академия)

Россия, г. Брянск, тел. 8 (4832) 74-60-08; e-mail: mail@bgita.ru

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН НА ГЛАУКОНИТОВОМ ПЕСКЕ

В работе рассматривается возможность использования глауконитового песка в мелкозернистом бетоне. Исследовано влияние различных добавок на свойства бетонной смеси и бетона. Показана эффективность применения молотого кварцевого песка и органоминеральной добавки ЗМР.

A possibility of using sand with glauconite in fine grained concrete is considered in this article. The influence of various modifying agents on concrete and concrete mixtures are investigated. The efficiency of plasticizer ЗМР and fine dispersed SiO₂ is show.

Одним из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов является их использование в производстве строительных материалов, что позволяет на 40% удовлетворить потребности строительной индустрии в сырье.

В отвалах Брянского фосфоритного завода скопилось более 20 млн. м³ песка обогащения фосфоритного производства – глауконитового песка (ГП), который занимает площадь 117 га и находится в городской черте.

В отличие от природных песков, которые по своему составу мономинеральны и представлены в основном кварцем, глауконитовый песок дополнительно содержит иллит, фторапатит, глауконит, гипсит и в небольших количествах гематит. Исследование ГП под микроскопом показало, что зерна кварца имеют окатанную форму, что подтверждает его морское происхождение (рис. 1).

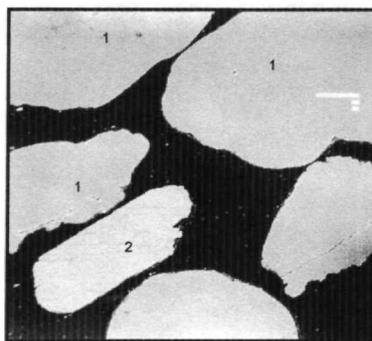


Рис. 1. Глауконитовый песок $\times 100$: 1 – кварц; 2 – калиевый полевой шпат

Глауконит, является продуктом разложения биотитов, относится к железистым гидрослюдам, имеет плотность 2550 кг/м³, твердость 2-2,5 по шкале Мооса, обладает слоистой структурой (рис. 2). Глауконит имеет достаточно высокую катионную ёмкость поглощения 70-1000 мэкв/100 г [1]. Его отрицательно заряженная решетка состоит в основном из листоватых структур алюмосиликата, и способные к обмену катионы располагаются в межплоскостных положениях или примыкают к поверхностям частиц.

Химический состав глауконита, входящего в ГП следующий, %: MgO – 7,628; SiO₂ – 37,702; CaO – 0,425; Al₂O₃ – 17,232; F₂O₃ – 23,418; K₂O – 9,191; Cr₂O₃ – 0,684; TiO₂ – 2,571; ClO₂ – 0,327;

SO_3 – 0,156; MnO – 0,606, п.п.п – 0,06. Содержание глауконита в ГП составляет 7-16 % и придает ему зеленоватый оттенок.

По модулю крупности M_k (1,5-1,8) и полному остатку на сите 0,63 (до 10%) глауконитовый песок относится к мелкому, по содержанию зерен менее 0,16 мм - ко 2-му классу.

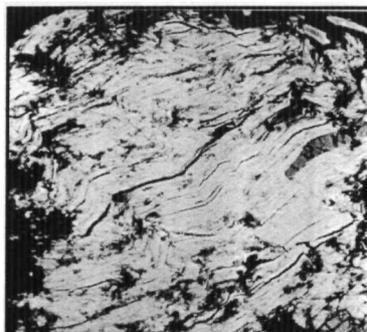


Рис. 2. Структура глауконита $\times 500$

Для использования глауконитового песка в промышленности строительных материалов были проведены комплексные исследования мелкозернистых смесей и бетонов на его основе.

В работе применялся портландцемент различных цементных заводов: ПЦ 500 Д0 и ПЦ 500 Д20 ОАО «Мальцовский портландцемент», ПЦ 500 Д20 ОАО «Кричевский портландцемент» (Беларусь), ПЦ 500 Д0 ОАО «Хмельницкий портландцемент» (Украина).

В качестве заполнителя для мелкозернистого бетона использовался глауконитовый песок с $M_k=1,42$, содержащий 87% SiO_2 , и гидронамывной кварцевый песок Свенского карьера с $M_k=1,49$, содержащий 96,5% SiO_2 . Мелкозернистый бетон состава 1:3 (цемент:песок) готовился по стандартной методике и твердел в нормальных условиях.

Определение химического состава проводилось на электронном микроскопе «САМСКАН»; минерального – на дифрактометре вертикального типа марки JDX-10РА фирмы JEOL; исследования микроструктуры осуществлялось на растровом электронном микроскопе-анализаторе Comebax micro.

Было установлено, что бетоны на различных видах цемента с ГП имеют меньшие значения прочности по сравнению с бетоном на кварцевом песке при одинаковом модуле крупности и содержании компонентов в смеси (табл. 1), а прочность бетона на ГП в начальный период твердения (до 14 суток) не подчиняется логарифмическому закону. Зависимость прочности мелкозернистого бетона на ГП от времени твердения описывается линейной функцией [2].

Таблица 1

Предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона

Заполнитель	Цемент	Предел прочности при сжатии, МПа, через суток твердения			
		3	7	14	28
Песок глауконитовый	Мальцовский ПЦ 400 Д20	1,8	5,1	9,2	10,8
	Мальцовский ПЦ 500 Д0	2,6	5,9	10,4	11,7
	Кричевский ПЦ 500 Д20	3,9	7,4	11,9	11,6
	Хмельницкий ПЦ 500 Д0	3,5	6,7	8,1	12,0
Песок кварцевый	Мальцовский ПЦ 500 Д0	4,8	6,6	10,6	15,2
	Мальцовский ПЦ 400 Д20	3,8	6,4	10,1	14,8
	Кричевский ПЦ 500 Д20	6,0	8,2	13,8	16,9
	Хмельницкий ПЦ 500 Д0	5,7	7,1	9,5	15,6

Предположение, что на процесс гидратации вяжущего оказывает влияние соединения фосфора, содержащиеся в глауконитовом песке, не подтвердилось, т.к. фосфор находится в связанном состоянии в составе фторапатита.

Исследования показали, что подвижность бетонной смеси на ГП на 25% меньше, чем на кварцевом песке. Это связано со способностью глауконита, содержащегося в песке к значительному поглощению воды [1].

Поэтому для повышения подвижности бетонной смеси исследовались пластификаторы, как отечественного, так и зарубежного производства: суперпластификатор С-3 и Sika Visko Crete-5 (Австрия), комплексная добавка Универсал П-2 (УП-2) и гиперпластификатор Muroplast FK-63 (ФРГ) - синтетическое разжижающее средство на основе мультикарбоксилатезера. Содержание добавок варьировалось от 0,25 до 1% от массы цемента.

Применение в бетонных смесях пластифицирующих добавок является одним из наиболее эффективных, универсальных и гибких способов управления технологическими параметрами бетонов и регулирования их важнейших свойств. Особое место в модификации бетонов занимают супер- и гиперпластификаторы. Длинная углеводородная цепь и большая молекулярная масса этих добавок способствуют их высокой адсорбции на зёрнах цемента. Благодаря этому электрокинетический ζ -потенциал изменяется от $\zeta=+10$ мВ до $\zeta=-20$ -35 мВ, что способствует дезагрегации и взаимному отталкиванию частиц цемента. Размер молекул супер- и гиперпластификаторов составляет несколько нанометров, что позволяет плёнке таких молекул перекрыть микронеровности на поверхности частиц цемента и создаёт лучшие условия для уменьшения сил трения [2]. Особенно эффективны эти добавки при использовании промышленных отходов и нетрадиционного сырья.

Было установлено, что наибольший пластифицирующий эффект для бетонной смеси с глауконитовым песком достигается при использовании добавки гиперпластификатора Muroplast (расплыв конуса (РК) увеличивается в среднем на 32%, табл. 2). Сравнивая воздействие других добавок на бетонную смесь, следует отметить, что С-3 увеличивает подвижность на 22%, а УП-2 и Sika - на 14%. В то же время влияние добавки Muroplast на бетонную смесь с глауконитовым песком меньше, чем на бетонную смесь с кварцевым песком.

Влияние добавок на прочность бетона на глауконитовом песке с различными цементами представлено в таблице 3. На Мальцовском цементе суперпластификатор С-3 повышает прочность мелкозернистого бетона на 12,8% с 11,7 до 13,2 МПа, на Хмельницком - на 46% с 12,2 до 17,8 МПа по сравнению с контрольным составом без добавок. Предел прочности при сжатии с добавкой УП-2 возрастает на 16% с 11,7 до 13,6 МПа на Мальцовском цементе и на 43% с 12,2 до 17,5 МПа на Хмельницком цементе.

Лучшие результаты по прочности также получены при использовании добавки гиперпластификатора Muroplast. Предел прочности при сжатии увеличивается на 58% (с 11,7 до 18,5 МПа) на Мальцовском цементе и на 41% (с 12,2 до 17,2 МПа) на Хмельницком цементе.

Таблица 2

Подвижность бетонных смесей

Заполнитель	Цемент	Подвижность бетонной смеси (РК), мм				
		без добавок	Sika	УП-2	С-3	Muroplast FK-63
Песок глауконитовый	Мальцовский ПЦ 500 Д0	116	107	112	132	148
	Кричевский Ц 500 Д20	117	135	116	138	162
	Хмельницкий Ц 500 Д0	118	141	124	139	152
Песок кварцевый	Мальцовский ПЦ 500 Д0	118	132	153	165	173
	Кричевский Ц 500 Д20	120	143	173	193	213
	Хмельницкий Ц 500 Д0	119	194	169	185	207

Исследование структуры мелкозернистых бетонов на глауконитовом песке показало, что использование добавки гиперпластификатора Muroplast приводит к увеличению количества тонкоигольчатых гидроалюминатов кальция и повышению однородности структуры (рис. 3, а, б).

В то же время установлено, что замедленный рост прочности бетона с глауконитовым песком на начальный период твердения на различных видах цемента связан со способностью глауконита к катионному обмену [1], что приводит к снижению концентрации Ca^{+2} в жидкой фазе. Выполненные иссле-

дования по способности глауконитового песка поглощать ионы кальция из насыщенного раствора по методу Запарожца показали, что его поглотительная активность составляет 84-86 мг СаО на 1 г добавки. Поэтому гидратация цемента замедляется, и мелкозернистые смеси на основе ГП характеризуются более плавным протеканием процесса набора пластической прочности, чем на кварцевом песке.

Для активизации твердения мелкозернистого бетона на ГП и повышения ранней его прочности проводились исследования добавки молотого кварцевого песка и ЗМБ ООО «Полипласт». Влияние этих добавок на прочность бетона изучалось при естественном твердении и тепловлажной обработке (ТВО) по режиму 3+6+4 ч.

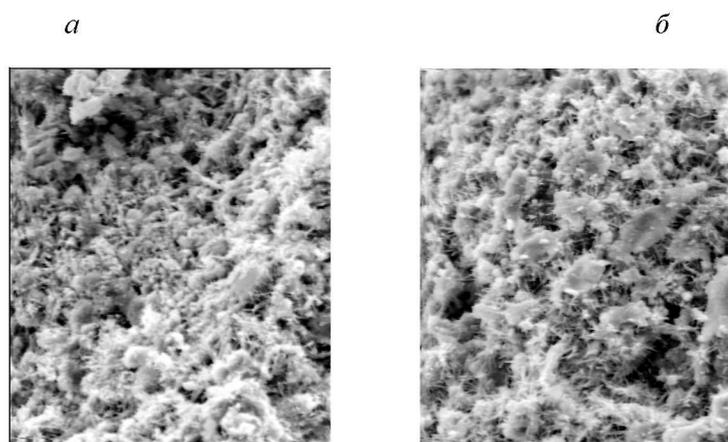


Рис. 3. Структура мелкозернистого бетона на глауконитовом песке $\times 2000$: *a* – без добавки; *b* – с добавкой 1% гиперпластификатора Muroplast

ЗМБ представляет собой органоминеральную комплексную добавку, состоящую из полиметиленафталинсульфонатов натрия и обладающих пуццолановой активностью мелкодисперсных минеральных компонентов [4].

Для получения молотой минеральной добавки применялся гидронамывной кварцевый песок с модулем крупности $M_{кр}=1,5$, с содержанием илистых и глинистых примесей менее 0,5%. Тонкомолотый кварцевый песок получали помолом в шаровой мельнице до удельной поверхности $510 \text{ м}^2/\text{кг}$. Количество вводимых добавок молотого кварцевого песка и ЗМБ варьировали от 5 до 15% от массы цемента.

Установлено, что зависимость прочности мелкозернистого бетона от содержания добавки молотого кварцевого песка носит экстремальный характер (табл. 3). Максимальная прочность наблюдается при ее содержании 10% от массы цемента. При этом предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона повышается на 14, 61, 73 и 76% через 3, 7, 14 и 28 суток твердения соответственно. Увеличение содержания добавки до 15% приводит к незначительному возрастанию прочности. Добавка ЗМБ в большей степени влияет на повышение прочности мелкозернистого бетона, чем молотый кварцевый песок (табл. 4).

При содержании добавки ЗМБ в количестве 5% от массы цемента прочность бетона по сравнению с контрольным составом возрастает в 1,9 через 3 и 7 суток, в 1,1 и 2 раза через 14 и 28 суток твердения.

Таблица 3

Прочность мелкозернистого бетона на глауконитовом песке с молотым кварцевым песком

Содержание молотого кварцевого песка, %	Предел прочности при сжатии через сут., МПа			
	3	7	14	28
0	6,0	8,4	10,5	14,8
5	7,0	10,8	15,4	18,7
10	8,5	13,7	18,2	26,1
15	9,8	13,3	18,0	26,6

При введении добавки 3 МБ в количестве 10% предел прочности при сжатии бетона увеличился в 2,3; 2,2; 2,6 и 2,7 раза через 3, 7, 14 и 28 суток твердения. Увеличение содержания добавки с 10 до 15% приводит к снижению предела прочности при сжатии мелкозернистого бетона.

Таблица 4

Прочность мелкозернистого бетона на глауконитовом песке с добавкой 3МБ

Содержание добавки, %	Предел прочности при сжатии через сут., МПа			
	3	7	14	28
0	6,0	8,4	10,5	14,8
5	11,3	16,2	12,2	24,0
10	14,0	18,8	27,2	39,5
15	11,6	16,4	12,2	30,0

Таким образом, оптимальное содержание добавки 3МБ, при которой бетон набирает максимальную прочность, в том числе в ранние сроки твердения, составляет 10% от массы цемента.

После тепловлажностной обработки прочность мелкозернистого бетона, содержащего 5, 10 и 15% добавки молотого кварцевого песка, возрастает соответственно в 1,7; 2,4 и 2,2 раза по сравнению с контрольным составом (табл. 5). При этом оптимальное количество добавки молотого кварцевого песка составляет 10% от массы цемента.

Таблица 5

Влияние добавок на прочность мелкозернистого бетона на глауконитовом песке после ТВО

Содержание добавки, %	Предел прочности при сжатии, МПа		
	молотый кварцевый песок	3 МБ	контрольный
5	18,8	20,4	10,8
10	26,0	25,0	
15	24,0	26,3	

Повышение температуры приводит к интенсификации процесса твердения за счет взаимодействия между кремнеземом тонкомолотого кварцевого песка и гидроксидом кальция. При этом прочность мелкозернистого бетона после ТВО и через 28 суток твердения в нормальных условиях различаются незначительно.

Предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона с добавкой 3МБ при ее содержании 5, 10 и 15%, увеличивается в 1,9; 2,3 и 2,4 раза по сравнению с контрольным составом.

Использование метода планирования эксперимента позволило оптимизировать состав мелкозернистого бетона на глауконитовом песке в зависимости от водоцементного отношения, содержания цемента и добавок.

Для использования песка обогащения при производстве бетона в заводских условиях были разработаны технические условия ТУ 5741-001-14339618-2007 «Стеновые камни из мелкозернистого бетона на глауконитовом песке» и Технологический регламент.

Таким образом, выполненные исследования подтвердили возможность применения глауконитового песка для получения мелкозернистого бетона.

Для повышения подвижности бетонной смеси наиболее эффективной из рассмотренных пластифицирующих добавок является гиперпластификатор Muroplast, который позволяет также на 43-58% повысить прочность бетона.

Кроме того, для повышения прочности мелкозернистого бетона на глауконитовом песке как в ранние сроки твердения, так и в условиях тепловлажностной обработки, эффективно применение молотого кварцевого песка или органоминеральной добавки ЗМБ в количестве 10% от массы цемента.

При естественном твердении добавка молотого кварцевого песка повышает прочность бетона в 1,8 раза, а добавка ЗМБ – в 2,7 раза. После тепловлажностной обработки прочность мелкозернистого бетона с добавкой молотого кварцевого песка и ЗМБ различаются незначительно (26 и 25 МПа соответственно).

Литература

1. Гаррелс, Р.М. Растворы, минералы, равновесия [Текст] / Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст // Обработка дисперсных материалов и сред. Межд. периодический сб. научн. трудов. – Одесса, 2002. – Вып. 12. – С. 133-149.
2. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1990. – 400 с.
3. Королева, Е.Л. Использование глауконитового песка в бетоне [Электронный ресурс] / Е.Л. Королева, Н.П. Лукутцова // III-я Междунар. научн.-практ. конф. «Проблемы экологии: наука, промышленность, образование». – Белгород, 2006.
4. ТУ 5745-013-58042865-2006. Рекомендации по применению комплексной органоминеральной добавки «Полипласт-З МБ». [Текст]. - М.: Полипласт, 2006. – 14 с.

УДК 629.331.042

*Докт. техн. наук, проф. А.Н. Новиков; канд. пед. наук, доц. Г.В. Букалова;
канд. техн. наук, ст. преп. А.С. Бодров
(Орловский государственный технический университет)
Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 76-29-94*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье производится анализ современных видов лакокрасочных материалов (ЛКМ), предназначенных для окрашивания машин. Приводится сравнительная характеристика различных видов ЛКМ с точки зрения защиты от коррозии и экологической безопасности. Рассмотрены перспективы применения порошковых лакокрасочных материалов при ремонтном окрашивании машин.

Среди современных средств защиты металла от коррозии первое место занимают лакокрасочные покрытия (ЛКП), которые призваны выполнять две функции: придавать машине красивый внешний вид и защищать металл, из которого она изготовлена, от коррозии. Защита металла от коррозии – важнейшая функция ЛКП. Если бы, например, тонколистовая сталь в конструкции автомобиля не имела ЛКП, то изготовленные из неё узлы и детали уже через 2...3 года не смогли бы работать, потеряв вследствие коррозионного разрушения металла свою прочность.

Защитные свойства ЛКП обусловлены тем, что на окрашенной поверхности металла образуется сплошная плёнка. Изолируя поверхность металла от окружающей среды, плёнка препятствует проникновению агрессивных агентов к поверхности защищаемого металла и тем самым предохраняют его от коррозии. Лакокрасочная плёнка удерживается на металлической подложке силами адгезии – силами сцепления ЛКП с поверхностью металла. Адгезия ЛКП к металлу зависит и от состояния поверхности (шероховатости) металлической подложки.

ЛКП должно быть сплошным, т.е. обладать минимальной влагопроницаемостью. Главным фактором, влияющим на плотность плёнок покрытий, является их химический состав и структура молекул.

Ряд исследователей объясняют защитное действие покрытий наличием в них пигментов-ингибиторов, тормозящих процесс коррозии.

Из многочисленных исследований нетрудно сделать вывод о том, что защитные противокоррозионные свойства ЛКП складываются из многих факторов: адгезионной способности плёнки, её сплошности, пассивирующего действия пигментов и других физико-химических свойств плёнки. Все эти факторы в общей сложности и определяют защитную способность ЛКП.

В настоящее время можно выделить три основных направления развития лакокрасочных материалов [1]:

- традиционные органорастворимые лакокрасочные материалы;
- водорастворимые лакокрасочные материалы;
- порошковые лакокрасочные материалы.

Традиционные органорастворимые лакокрасочные материалы занимают в настоящее время, доминирующее положение в области окрашивания. При окрашивании приходится использовать многослойные покрытия, состоящие из адгезионной грунтовки, шпатлевки, грунта-наполнителя, базисного и отделочного лакокрасочного материала. При этом в силу специфики окрасочных работ очень серьезное внимание приходится уделять экологическим и технологическим свойствам материала.

Благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных свойств лидирующее положение в сфере ремонтной окраски автомобилей органорастворимыми ЛКМ занимают двухупаковочные полиуретаны (табл. 1).

Таблица 1

Лакокрасочные материалы (ЛКМ) для ремонтной окраски автомобилей

Тип ЛКМ	Доля применения в авторемонте, %	
	В мире	В Западной Европе
Полиуретановые	40	85
Алкидные	18	10
Нитроцеллюлозные	11	5
Акриловые термопластичные	18	-
Акриловые горячей сушки	13	-

Исследователи подсчитали, что доля органических растворителей, которые улетучиваются в атмосферу при производстве и применении только лакокрасочных материалов, составляет 32% от общей массы выбросов летучих органических веществ. И сейчас Европейским Союзом ставится задача резкого сокращения этих выбросов, в частности, потому что летучие органические соединения способствуют образованию озона вблизи поверхности Земли. Так, в США, Германии и других промышленно развитых странах существует нормативное регулирование эмиссии, согласно которому содержание летучих органических растворителей в авторемонтных ЛКМ строго ограничивается. В качестве примера приведем нормативы, обязательные для производителей и потребителей авторемонтных ЛКМ в США [1]:

- грунт-шпатлевки – 575-580 г/л;
- покрывные лаки – 600 г/л;
- эмали – 625-680 г/л.

В связи с этим в странах объединённой Европы с 1 января 2007 года авторемонтным мастерским предписано использование лакокрасочных материалов с низким содержанием быстроиспаряющихся органических соединений (VOC).

Основой современных лакокрасочных систем, обладающих низким содержанием VOC, стали водоразбавляемые краски, входящие в двух- и трехслойные окрасочные системы (базовые покрытия). При этом грунты и лаки окрасочной системы выполнены на органорастворимой основе, но содержание в них VOC строго ограничено таким образом, что усредненные выбросы от всех используемых в окрасочной системе продуктов не должны превышать 420 г/л.

В водоразбавляемой системе 90% обычных растворителей по объему заменяет деминерализованная вода.

Однако вода накладывает жесткие ограничения на температурный диапазон хранения водорастворимых красок - категорически не допускается хранение при температуре ниже +5°C и выше +40°C. При работе с водоразбавляемыми красками особое внимание уделяется обезжириванию и удалению силикона, т.к. водные составы очень чувствительно реагируют на любые остатки жиров и масел [1].

Технический прогресс в области органических покрытий, связанный решением экологических и экономических проблем и необходимости повышения качества защиты изделий, привёл на рубеже 60-70-х годов XX столетия к появлению принципиально нового вида лакокрасочных материалов – порошковых красок.

Эти материалы известные за рубежом под названием «Powder coating» или «Pulverlacke». За сравнительно короткий промежуток времени они получили исключительно широкое развитие и применение. Рост их производства в мире в последние двадцать лет составил 10...15% в год, в то время, как для жидких лакокрасочных материалов – не превысил 3...5%.

Применение порошковых красок позволяет снизить энергозатраты при производстве покрытий на 20-40% по сравнению с использованием традиционных жидких лакокрасочных материалов. Так, если коэффициент использования традиционных жидких красок (в зависимости от сухого остатка и метода нанесения) составляет 25-65%, материалов с высоким содержанием нелетучих – 80-85%, то в случае порошковых красок – 97%.

Близкие к жидким краскам по составу (по сухому остатку) и назначению порошковые лакокрасочные материалы, однако, существенно отличаются от них по свойствам. Если традиционные жидкие краски (растворы и дисперсии) типичные жидкие тела, то порошковые относятся к группе твёрдых (порошковых) тел. То, что в порошковых красках в качестве дисперсионной среды выступает воздух, а не растворитель или вода, как это имеет место в жидких лакокрасочных материалах, делает их технически, экологически и экономически выгодными в применении. Порошковые краски условно относят к материалам со 100%-м сухим остатком.

Порошковые лакокрасочные материалы, в сравнении с традиционными лакокрасочными материалами, обеспечивают практически безотходную технологию производства покрытий (потери лакокрасочного материала 1...2%), также физико-механические свойства покрытий из порошковых красок по многим факторам превосходят покрытия из жидких лакокрасочных материалов [2]. Так, при исследовании изменения защитных свойств ЛКП в зависимости от времени испытаний было отмечено, что традиционные органорастворимые ЛКМ при одинаковых условиях испытаний имеют большую степень разрушения (рис. 1), чем порошковые ЛКМ (рис. 2).



Рис. 1. Зависимость изменения защитных свойств покрытий из органорастворимых ЛКМ от времени испытания

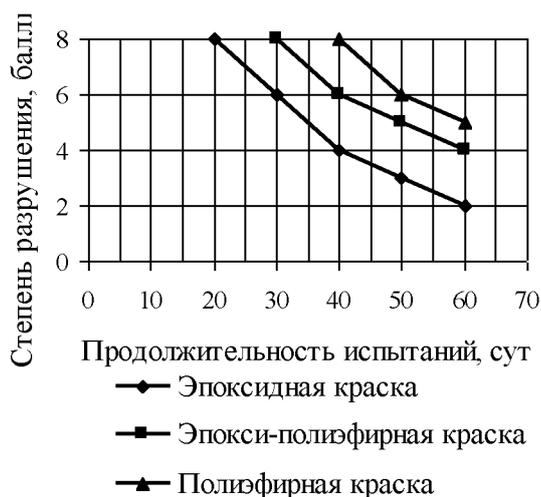


Рис. 2. Зависимость изменения защитных свойств покрытий из порошковых ЛКМ от времени испытания

Применение порошковых красок долгое время сдерживалось отсутствием требуемых по качеству материалов и трудностями, связанными с ремонтной окраской, переходом с одного цвета

покрытия на другой и т.д. Сейчас многие из перечисленных трудностей преодолены, и порошковые краски заняли достойное место.

Среди основных факторов, определяющих преимущества порошковых ЛКМ следует отметить:

1. отсутствие в их составе летучих компонентов (органических растворителей);
2. почти 100%-ное использование материала при получении покрытий;
3. пригодность для эксплуатации однослойных покрытий.

Если при получении покрытий из традиционных жидких красок газы выделения в форме испаряющихся растворителей составляют 30-70%, то при использовании порошковых красок они не превышают 1%.

Отсутствие в порошковых лакокрасочных материалах органических растворителей положительно сказывается на снижении эмиссии летучих. Так, ЛКП из порошковых материалов, имеют наименьшее значение эмиссии летучих из всех лакокрасочных систем, применяемых при окрашивании машин (рис. 3).

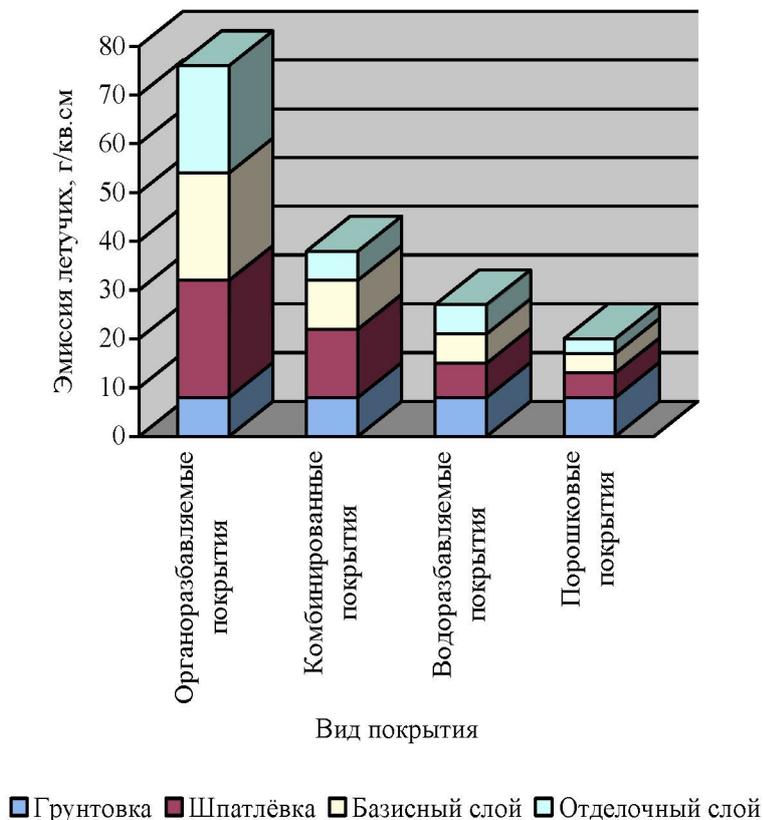


Рис. 3. Сравнительная характеристика систем для окрашивания машин с точки зрения экологической безопасности

При работе с традиционными органорастворимыми ЛКМ эмиссия летучих наблюдается как при нанесении лакокрасочных покрытий, так и при отверждении. При получении покрытий из порошковых красок наиболее экологически опасным является процесс формирования (отверждения) покрытий, где в результате воздействия повышенных температур могут образовываться летучие продукты разложения нестабильных компонентов красок и паров низкомолекулярных веществ.

Различные пленкообразователи при разложении образуют неодинаковые по вредности низкомолекулярные вещества. Особенно токсичны продукты разложения полифторолефинов (мономеры, фторфосген, оксид углерода) и пентапласта (хлорангидриды кислот, фосген, формальдегид, хлористый углерод, оксид углерода).

Таблица 2

Продукты разложения порошковых красок

Краска	Продукты разложения	
	Продукты разложения	ПДК, мг/м ³
Эпоксидная	Эпихлоргидрин	1
	Толуол	50
	Бутанол	10
	Ацетон	200
	Фенол	5
Поливинилбутиральная	Масляный альдегид	5
	Оксид углерода СО	20
	Хлористый водород	5
	Дибутилфталат	1
Полиамидная	Формальдегид	0,5
	ε - капролакам	10
	Формальдегид	0,5
Пентапластовая	Оксид углерода СО	20
	Хлористый водород	5
	Фосген	0,5

Количество образующихся при формировании покрытий летучих продуктов, как правило, невелико: для большинства порошковых красок оно не превышает 3...5 г на 1 кг использованной краски. Это в сотни раз меньше количества растворителей, удаляемого при формировании покрытий из общеупотребительных жидких красок.

Как видно, из выше приведённых данных, применение порошковых красок имеет ряд преимуществ, по сравнению с традиционными лакокрасочными материалами. Если учесть, что в настоящее время исследования в области изготовления и применения порошковых ЛКМ значительно опережают аналогичные работы в области традиционных жидких лакокрасочных материалов, то можно прогнозировать повышение технологических и эксплуатационных показателей лакокрасочных покрытий, полученных из порошковых красок (рис. 4).



Рис. 3. Диаграмма сравнительных показателей окраски жидкими и порошковыми ЛКМ

Таким образом, можно отметить перспективность применения порошковых лакокрасочных материалов для окрашивания изделий в различных отраслях.

Литература

1. Бодров А.С. Лакокрасочные материалы, применяемые для окрашивания автомобилей [Текст] / А.С. Бодров // Сб. научных трудов «Известия ОрелГТУ». – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2005. №3-4 (7-8). – С. 96-98.
2. Новиков, А.Н. Ремонтное окрашивание автомобилей порошковыми красками [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров // «Актуальные вопросы подготовки специалистов по направлению «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» в условиях рыночной экономики», 2006. – С. 166-173.
3. Новиков, А.Н. Технология ремонтного окрашивания машин порошковыми красками [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров // Международный научный журнал №1, 2007. – С. 24-28.

АВТОМОБИЛИ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СЕРВИС И РЕМОНТ

УДК 625.8:624.04

М.н.с. Б.В. Бессчетнов

(Ростовский государственный строительный университет)

Россия, г. Ростов-на-Дону, тел. 8 (863) 263-77-76; e-mail: dortransnii@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Рассмотрены основные условия эксплуатации автодорог. Сформированы группы факторов, определяющие долговечность и работоспособность дорожных конструкций в условиях современного скоростного транспортного потока. Предложен метод оценки работоспособности по критерию усталостного разрушения. Приведены результаты сравнительного анализа долговечности различных дорожных конструкций.

In article the basic conditions of operation of highways are considered. The groups of factors defining durability and working capacity of road designs in the conditions of a modern high-speed transport stream are generated. The method of an estimation of working capacity by criterion of fatigue failure is offered. Results of the comparative analysis of durability of various road designs are resulted.

Опыт эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями показывает, что реальные сроки службы дорожных конструкций нередко ниже нормативных. Снижение сроков службы приводит к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети в целом, а также требует ежегодного увеличения объемов ремонтных работ, что в условиях ограниченного финансирования дорожной отрасли только усугубляет ситуацию. Повышение долговечности асфальтобетонных покрытий, а это приведет к повышению работоспособности дорожных конструкций, позволит снизить затраты на ремонтные работы, сократить накапливающийся годами «недоремонт» автомобильных дорог, что в настоящее время является важной и актуальной задачей дорожной отрасли.

В условиях современного скоростного интенсивного движения асфальтобетонные покрытия подвергаются многократному воздействию транспортных средств, которое имеет динамический характер и является одним из основных факторов, определяющих срок службы дорожных покрытий. Уровень динамического воздействия транспортных средств существенным образом зависит от ровности покрытия, а также от состава транспортного потока, скорости движения транспортных средств.

В общем случае срок службы и работоспособность – это обоснованные функциональные связи между допустимым числом подвижных нагрузок с одной стороны, прочностью дорожных одежд, ровностью и скоростью движения транспортного потока с другой.

Большой объем теоретических и экспериментальных исследований работоспособности нежестких дорожных одежд выполнен отечественными и зарубежными учеными. В течение многих лет исследователи в области эксплуатации и проектирования дорожных одежд большое внимание уделяют результатам натуральных экспериментов, выполняемых на автомобильных дорогах в реальных условиях эксплуатации. Хорошо известны обширный и дорогостоящий эксперимент ААШО, комплекс натуральных исследований напряженного состояния и деформаций дорожных одежд, проводимый в различные годы российскими учеными Ивановым Н.Н., Теляевым П.И., Корсунским М.Б., Саллем А.О., Бабковым В.Ф., Бируля А.К., Яковлевым Ю.М. и др.

В последние годы на автомобильных дорогах наблюдается значительное увеличение интенсивности движения, изменение скоростных режимов движения транспортных средств, состава транспортных потоков, что приводит к увеличению динамического воздействия транспортных средств на дорожные конструкции и, как следствие, к уменьшению их работоспособности.

Необходимость обеспечения требуемого срока службы дорожных одежд предопределила разработку обоснованных критериев их долговременной динамической прочности. Работоспособность и соответствующий ей физический критерий должны учитывать величину нагрузки, количество ее приложений к поверхности дорожной одежды, период времени, когда это нагружение производится, а также внутреннюю работоспособность слоев одежды до достижения ими предельного состояния.

Сравнительную оценку работоспособности различных конструкций дорожных одежд при многократном динамическом воздействии транспортных нагрузок целесообразно проводить на стационарных пунктах наблюдения с исследованием изменения характеристик напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций в процессе эксплуатации.

Исследование напряженно-деформированного состояния различных дорожных конструкций на автомобильных дорогах при многократном динамическом воздействии транспортных нагрузок проводилось на стационарных пунктах наблюдения, устроенных ДорТрансНИИ, с заложенной виброизмерительной аппаратурой в асфальтобетонные слои. Стационарные пункты расположены на автомобильных дорогах различных технических категорий: I т.к. - М-4 «Дон» км 1100+800, II т.к. - «Батайск – Ставрополь» км 3+010 и км 8+100, IV т.к. - «Самарское – Новобатайск» км 0+800. Схема расположения измерительной аппаратуры обеспечивает максимум информации об изменении напряженно-деформированного состояния конструкций дорожных одежд от различных видов подвижной нагрузки в течение года.

Регистрация сигналов производилась в зонах наибольшего воздействия автотранспорта, а именно в области полос наката, где наблюдаются наиболее интенсивные напряжения, колебания и деформации от воздействия автомобильного транспорта. Для измерения амплитуд ускорения в конструктивных слоях дорожной одежды используются виброакселерометры. Путём интегрирования сигнала ускорений определяются скорости и смещения в зоне установки датчиков.

Для анализа напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций использовались методы математического моделирования. В процессе мониторинга выполнялась оценка изменения состояния дорожного покрытия по ровности, возникающим дефектам и прочности дорожной одежды. В ходе проведения испытаний оценивалось изменение физико-механических и эксплуатационных свойств материалов конструктивных слоев дорожной одежды.

Экспериментальные исследования динамического напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций при проезде различных транспортных средств показали:

1. Амплитуды максимальных перемещений, регистрируемые в асфальтобетонном покрытии, уменьшаются с увеличением прочности и капитальности дорожных конструкций.
2. Большое влияние на долговечность дорожных конструкций оказывает уровень динамического воздействия, обусловленный ровностью дорожного покрытия.
3. При одинаковом тарированном динамическом воздействии процесс разрушения асфальтобетонных покрытий на различных участках автомобильных дорог протекает неодинаково, вследствие различных физико-механических свойств материалов и их эксплуатационного состояния.

Исходя из вышеизложенного, предложен комплексный теоретико-экспериментальный метод расчета остаточного срока службы нежестких дорожных одежд, состоящий из двух этапов.

На первом этапе (рис. 1) выполняются экспериментальные работы по оценке параметров чаши прогиба по полосе наката, по оценке динамического воздействия транспортных средств, по определению прочности асфальтобетона покрытия при динамическом изгибе. Замеры параметров чаши прогибов могут быть выполнены с использованием приборов различных фирм, а также с использованием разработанного виброизмерительного комплекса. Прочность асфальтобетона из вырубок покрытия на растяжение при изгибе определяется в лабораторных условиях при средних сезонных температурах данного региона. Затем с использованием разработанных математических моделей системы «дорожная конструкция – грунт» выполняется расчет растягивающих напряжений в асфальтобетонном покрытии при действии транспортной нагрузки и заданных климатических условиях.

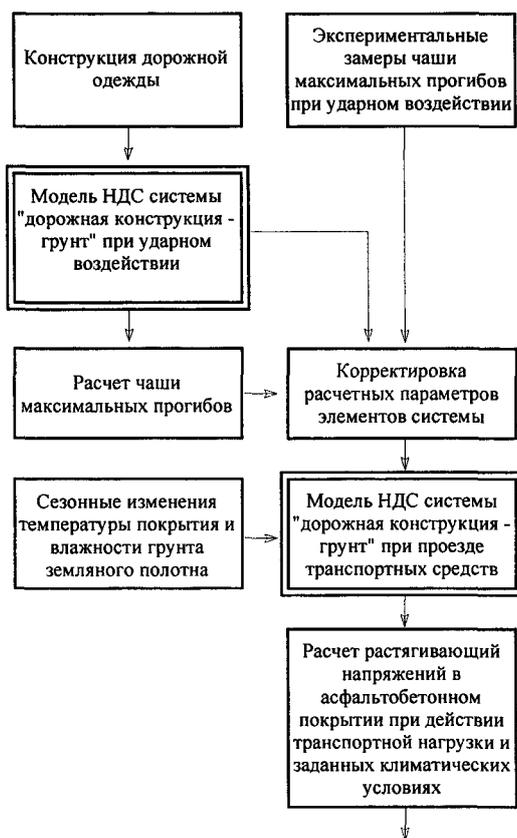


Рис. 1. I этап - оценка напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций

На втором этапе (рис. 2) для периодов года (зима, весна, лето, осень) определяется максимальное число приложений нагрузки до разрушения. Количество нагружений дорожной конструкции на заданном участке автомобильной дороги рассчитывается с учетом реального коэффициента динамичности, интенсивности движения, состава транспортного потока. Остаточный срок службы асфальтобетонных покрытий рассчитывается по формуле 1 на основе закона Майнера о линейном суммировании повреждений.

$$\sum_{i=1}^m \frac{P_i}{N_i} = 1, \quad (1)$$

где N_i - количество циклов до разрушения; P_i - количество приложений расчетной транспортной нагрузки за сезон.

Расчет числа приложений нагрузки до разрушения для различных периодов года осуществляется по формуле 2:

$$N_i = \left(\frac{R_N}{\sigma_r} \right)^n, \quad (2)$$

где R_N - одноцикловая прочность на изгиб, МПа; σ_r - расчетные растягивающие напряжения, МПа.

Количество приложений расчетной нагрузки, которое может выдержать асфальтобетонное покрытие, определяется на основе экспериментальных данных прочности асфальтобетонных образцов, взятых из покрытия, и максимальных значений растягивающих напряжений, возникающих на нижней границе покрытия, рассчитанных по математической модели.

В предложенном методе оценка работоспособности асфальтобетонных покрытий базируется на характеристиках напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций на момент обследования автомобильных дорог. С этой целью на участках наблюдения проводятся экспериментальные замеры отклика дорожной конструкции при ударном воздействии методом «падающего груза». Для регистрации чаши прогиба датчики устанавливались на расстоянии 0,25; 0,75; 1,25; 2,50 м от точки приложения нагрузки.

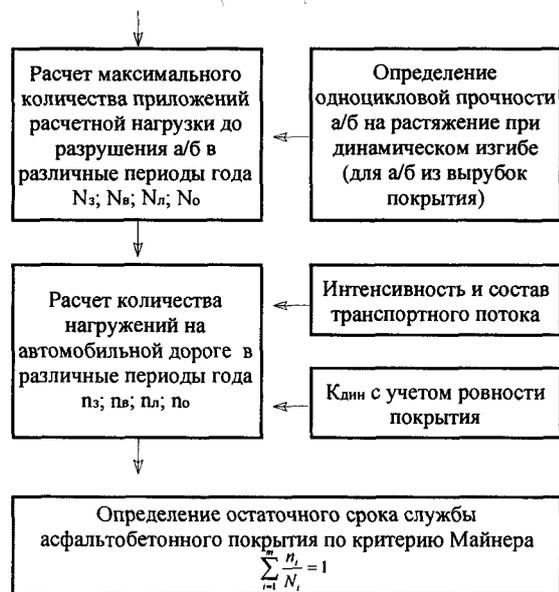


Рис. 2. II этап - оценка остаточного срока службы (усталостной долговечности) асфальтобетонных покрытий

Сравнение смещений точек покрытия, измеренных экспериментально при ударном воздействии, со значениями смещения покрытия, полученных расчетным путем на разработанной математической модели «дорожная конструкция – грунт» с заданными расчетными параметрами элементов конструкции, позволило выполнить корректировку расчетных параметров дорожной конструкции.

В ходе математического моделирования дорожная конструкция рассматривается как трехслойная система: слои покрытия (моноконтные слои из асфальтобетона, обладающие изгибной жесткостью), слои основания (несвязные слои), земляное полотно. Грунтовый массив моделируется в виде двухслойного полупространства (слой на более жестком полупространстве).

Выполненный численный эксперимент показал, что увеличение модуля упругости асфальтобетонного покрытия приводит к уменьшению динамических прогибов в ближней к точке удара зоне 0,25-0,75 м, а повышение модуля упругости грунта земляного полотна – к уменьшению смещения дорожного покрытия в дальней зоне на расстоянии 1,25-2,50 м. Средняя зона 0,75-1,25 м связана с расчетными характеристиками слоев основания.

При сравнении полученных результатов установлено, что наибольший процент ошибки прослеживается в точках, находящихся на расстоянии 0,25 и 2,5 метра от приложения динамического воздействия. Этот факт говорит о том, что необходимо провести корректировку расчетных характеристик слоев (модулей упругости) покрытия и грунта земляного полотна.

В результате математических расчетов по разработанной пространственной модели получены расчетные характеристики слоев дорожной одежды, при которых расчетные значения смещения покрытия достаточно хорошо коррелируют с экспериментальными данными.

Для откорректированных расчетных модулей упругости определены *растягивающие напряжения*, возникающие в асфальтобетонном покрытии при моделировании проезда автомобиля с учетом заданных климатических условий и динамического воздействия транспортных средств.

В условиях современного высокоскоростного интенсивного движения одним из основных факторов снижения транспортно-эксплуатационного состояния и разрушения покрытий является ухудшение ровности покрытия, влекущее за собой **увеличение динамического воздействия транспортных средств на дорожную конструкцию**.

При оценке динамического воздействия транспортных средств на эксплуатируемых автомобильных дорогах все значения коэффициента динамичности больше нормативного (=1,3) предложено рассматривать как динамические перегрузки.

Для расчета коэффициента динамичности на эксплуатируемых автомобильных дорогах в ДорТрансНИИ РГСУ разработан программный комплекс, позволяющий на основе данных о мик-

профиле поверхности участка дороги определить максимальный коэффициент динамичности, среднее значение коэффициента динамичности на участке, а также средний коэффициент динамических перегрузок при заданном скоростном режиме автомобиля. Рассчитываемый коэффициент динамичности позволяет оценить уровень динамического воздействия транспортных средств на дорожную конструкцию и выявить участки, испытывающие динамические перегрузки, т.е. определить, где коэффициент динамичности превышает нормативное значение 1,3.

Для оценки влияния ровности на увеличение динамических перегрузок проведены многочисленные натурные эксперименты на стационарных пунктах наблюдения с использованием виброизмерительного комплекса, разработанного ДорТрансНИИ, методом оценки динамического коэффициента воздействия транспортных средств. При проведении экспериментов для измерений ускорений, возникающих при наезде на неровность, датчики устанавливались на неподрессоренную массу автомобиля Ваз-21213. При проезде автомобиля с постоянной скоростью 90 км/ч регистрировались амплитуды ускорения. После камеральной обработки данных получены интегральные параметры оценки коэффициента динамичности.

Так, например, оценка динамического воздействия транспортных средств, выполненная с использованием виброизмерительного комплекса, показала, что наибольшее динамическое воздействие испытывают дорожные конструкции на участке «Самарское – Новобатайск» (время перегрузки – 36,4%) и на участке М-4 «Дон» (время перегрузки – 19,7%), о чем свидетельствует неудовлетворительное эксплуатационное состояние покрытия на этих участках. На участке автомобильной дороги «Батайск – Ставрополь», на котором недавно произведена реконструкция, динамические перегрузки отсутствуют.

В дальнейшем рассчитанный коэффициент динамичности используется при определении количества приложений транспортной нагрузки за определенный период на конкретном участке.

В рамках оценки физико-механических показателей материалов конструктивных слоев дорожных одежд на стационарных пунктах наблюдения, расположенных на указанных участках автомобильных дорог, в 2006 году отобраны и испытаны образцы-вырубки. Для оценки изменения физико-механических показателей в 2007 году повторно отобраны и испытаны образцы-вырубки монолитных асфальтобетонных слоев на данных участках автомобильных дорог.

Сравнение показателей проводили по результатам следующих испытаний: средней плотности уплотненного материала, водонасыщения образцов, предела прочности при сжатии, предела прочности на растяжение при изгибе и показателей деформативности, коэффициента уплотнения смесей в конструктивных слоях дорожных одежд, динамического модуля упругости.

Анализ результатов показывает:

1. Наиболее интенсивно процесс разрушения асфальтобетонного покрытия наблюдается на участке «Самарское – Новобатайск», что подтверждается изменением следующих показателей асфальтобетона: снижением плотности; снижением коэффициента уплотнения (до 0,89); снижением предела прочности на растяжение при изгибе (до 5,67 МПа).

2. Асфальтобетон верхнего слоя покрытия на участке после ремонта (а/д «Батайск – Ставрополь» км 8+100) отличается высоким значением предельной относительной деформации растяжения при изгибе (0,0155), что косвенно характеризует повышенную усталостную долговечность покрытия.

3. Асфальтобетон на участках автомобильных дорог (М-4 «Дон» км 1100+800 и «Батайск – Ставрополь» км 3+010) имеет высокие прочностные показатели. Снижение показателя предельной относительной деформации растяжения при изгибе (до 0,0123) свидетельствует о снижении деформативных свойств асфальтобетона вследствие процессов старения и увеличения интенсивности усталостных разрушений.

Выявленные закономерности изменения физико-механических показателей в процессе эксплуатации используются в дальнейшем при расчете максимального количества приложений нагрузки, которое выдерживает асфальтобетонное покрытие до разрушения.

Расчет работоспособности на стационарных пунктах наблюдения показал, что остаточный срок службы по критерию Майнера асфальтобетонного покрытия автомагистрали М-4 «Дон» фактически составляет 3 года. На автомобильной дороге «Батайск – Ставрополь» дорожное покрытие прослужит в безотказном режиме работы 5 лет. На настоящий момент на автомобильной дороге IV технической категории «Самарское – Новобатайск» асфальтобетонное покрытие уже имеет 30% разрушений (от общей площади покрытия); при учете отношения количества приложений

расчетной транспортной нагрузки к количеству циклов до разрушения за один год $P_i/N_i=0,79$ можно заключить, что полный отказ дорожного покрытия наступит уже в этом году.

По результатам многолетних исследований динамического воздействия транспортных средств на дорожные конструкции можно сделать следующие выводы:

- для моделирования напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций при динамическом воздействии разработана математическая модель системы «дорожная конструкция – грунт», позволяющая рассчитать напряжения, возникающие в слоях дорожной одежды.

- для расчета динамического воздействия транспортных средств с учетом ровности дорожного покрытия разработана модель взаимодействия автомобиля с поверхностью покрытия и методика расчета интегральных характеристик коэффициента динамичности на заданном участке автомобильной дороги.

- разработанный в ДорТрансНИИ виброизмерительный комплекс позволяет проводить экспериментальные работы по регистрации отклика дорожных конструкций и грунтового массива на динамическое воздействие транспортных средств (как на поверхности дорожной конструкции, так и в различных ее элементах).

- разработанные методы обработки исходных данных позволяют получать информацию о характеристиках динамического напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций.

- наиболее информативными являются результаты экспериментальных работ, выполненные методом спектрального анализа волновых полей, с построением чаши максимальных прогибов дорожной конструкции при тарированном ударном воздействии.

- экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций на стационарных пунктах наблюдения подтвердили полученные в ходе численного моделирования закономерности изменения напряженно-деформированного состояния элементов системы «дорожная конструкция – грунт» в процессе эксплуатации.

- корректировка расчетных характеристик дорожных конструкций путем сравнения расчетных и экспериментальных чаш максимальных прогибов позволяет оценить реальное состояние элементов дорожной конструкции на момент обследования. Напряжения и деформации в любой точке системы «дорожная конструкция – грунт» при различном динамическом воздействии (ударное воздействие, проезд автомобиля) выполняются по модели на основе откорректированных характеристик элементов системы.

- в процессе эксплуатации воздействие климатических факторов и транспортных нагрузок приводит к изменению физико-механических показателей асфальтобетона в покрытии. Старение асфальтобетона сопровождается увеличением прочностных показателей и снижением его деформативности. О разрушении асфальтобетона вследствие усталостных процессов свидетельствует снижение плотности, коэффициента уплотнения, а также снижение прочностных показателей (наиболее чувствительный показатель – прочность на растяжение при изгибе).

- разработан метод расчета остаточного срока службы (работоспособности) дорожных конструкций эксплуатируемых автомобильных дорог. Расчет остаточного срока службы выполняется с учетом реального состояния элементов дорожной конструкции на основе математической модели ее напряженно-деформированного состояния при динамическом воздействии. Динамическое воздействие транспортного потока, движущегося по автомобильной дороге, оценивается в ходе численного или натурного эксперимента для заданных скоростных режимов движения и фактической ровности дорожного покрытия.

УДК 624.2

Докт. техн. наук, проф. А.В. Кочетков; ст. науч. сотр. М.Л. Ермаков
(ФГУП «Российский дорожный научно-исследовательский институт «РОСДОРНИИ»)
Россия, г. Москва, тел. 8-906-306-95-53; e-mail: soni.81@mail.ru
Асп. С.П. Аржанухина
(Саратовский государственный технический университет)
Россия, г. Саратов, тел. 8-8452-78-61-99, e-mail: soni.81@mail.ru

НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Рассматриваются возможности программного модуля «Google Планета Земля», который позволяет осуществлять поиск объектов и изображений для получения географической информации на основе спутниковых фотографий, электронных или обычных карт, моделей ландшафтов и трехмерных зданий. На его основе собрана база данных фотографий из космоса с интереснейшими архитектурно-планировочными решениями.

Opportunities of the program module «Google the Planet the Earth» which allows to carry out search of objects and images for reception of the geographical information on the basis of satellite photos, electronic or usual cards, models of landscapes and three-dimensional buildings are considered. On its basis the database of photos from space and by the most interesting architectural decisions is collected.

В связи с развитием информационных систем, связанных с международной паутиной Internet, космическими технологиями, системами глобального позиционирования, автоматизированными банками дорожных данных, методами создания цифровых моделей местности появились новые инструменты, которые органично могут войти в отраслевую систему проектирования дорожного хозяйства. Особое место занимает фотографирование местности с большой высоты – ранее это была аэрофотосъемка, в настоящее время сильное развитие получила фотографическая съемка из космоса.

До последнего времени эта информация для проектировщиков, работающих в системе транспортного строительства была трудно доступна, а самое главное, не систематизирована в удобном для пользователя виде.

Поэтому совершенно замечательным выглядит информационный продукт поисковой системы GOOGLE - база данных фотографических изображений земной поверхности из космоса в виде сплошной электронной модели.

Программный модуль «Google Планета Земля» объединяет мощные возможности поиска объектов и изображений для получения географической информации на основе спутниковых фотографий, электронных или обычных карт, моделей ландшафтов и трехмерных зданий. Используются такие функции как:

- «Перелет к своему дому» путем введения заданного адреса.
- Поиск школ, парков, ресторанов и гостиниц. Планирование маршрутов автомобильных поездок.
- Изменение угла наклона и поворот изображения при просмотре трехмерных ландшафтов и зданий; вид неба.
- Сохранение результатов поиска и избранного содержания; обмен ими с другими пользователями.

Пользователи приложения «Google Планета Земля» исследуют мир, осуществляя «Просмотр мира в трехмерном виде» и «Изучение популярных мест» и создают собственные архивы (в виде файлов KML), которым они могут обмениваться с другими пользователями. Созданные файлы KML публикуются в программном модуле «Галерея Google Планета Земля».

Технология «Google Планета Земля» позволяет работать с различными приложениями, начиная от отслеживания активов и заканчивая автомобильной навигацией. Гибкие параметры развер-

тивания и интерфейсы данных, основанные на XML, позволяют интегрировать приложение «Google Планета Земля» непосредственно в обширный круг процессов и систем.

Приложение «Google Планета Земля» интегрируется с системами GPS, что позволяет отображать местоположение активов с учетом их перемещения непосредственно на фактическом изображении Земли, устраняя существенную неопределенность. С помощью приложения «Google Планета Земля» можно просмотреть следующие данные.

- Был ли доставлен транспортировочный контейнер из места хранения к месту погрузки.
- Маршрут, по которому грузовик выполняет доставку ценного товара.
- Место, где спрятано угнанное транспортное средство.

Высокая производительность приложения «Google Планета Земля» на обычных ПК упрощает процесс его использования операторами центров обработки вызовов и координаторами по снабжению.

Т.к. системы наблюдения развиваются все более комплексно, пользователям требуется подробное описание местности, из которой получено уведомление или сообщение системы. С помощью высокопроизводительного масштабируемого решения «Google Планета Земля» имеется возможность получения проекцию местности, необходимой для принятия своевременных решений.

Приложение «Google Планета Земля» предоставляет возможности фотографической, географической и астрономической информации. С его помощью можно виртуально посетить самые разные уголки мира и космоса. Просматривайте самое популярное содержание «Google Планета Земля», опубликованное многочисленными организациями и миллионами пользователей во всем мире. Файлы открываются и просматриваются как обычные документы, при этом используется интуитивно понятный интерактивный интерфейс.

Приложение «Google Планета Земля» позволяет предприятиям и организациям, занимающимся архитектурой, проектированием и строительством, получить новые возможности для совершенствования своих проектных решений. Проектировщики могут использовать разнообразные геоинформационные данные при работе над проектами планирования и маркетинга, от изучения пригодности места до анализа влияния использования земли. Приложение «Google Планета Земля» предлагает самый эффективный способ для передачи данных специалистам, принимающим проектные решения.

Приложение «Google Планета Земля» может предоставить высококачественное отдельное изображение, чтобы клиенты могли выполнить быстрый географический анализ при проведении предпроектных работ. Перемещение в нужное географическое место обеспечивает оперативное восприятие и анализ окружающей территории, размеров исследуемого участка и его удаленности от окружающих объектов. Просмотр данных в приложении дает реальное представление о том, как сегодня выглядит это место и дает возможность оценить, как оно будет выглядеть после завершения проекта, это намного более наглядно по сравнению с использованием карт, планов и схем.

Приложение «Google Планета Земля» обеспечивает быстрое и плавное перемещение, демонстрацию проекта и прилегающих территорий, ускоряет процесс ознакомления для клиентов и специалистов по планированию. Для архитекторов и проектировщиков предлагаются программные модули «Google Планета Земля Про» и «Решения Google Планета Земля для предприятий». Эти приложения - превосходное средство для исследований, презентаций и совместной работы с информацией, имеющей географическую привязку с высоким разрешением. Имеется возможность обновления до приложения «Google Планета Земля Плюс», чтобы добавить поддержку устройств GPS, повысить производительность, получить возможности импорта таблиц и печать с более высоким разрешением.

В настоящее время на основе информации поисковой системы на кафедре «Мосты и транспортные сооружения» Саратовского государственного технического университета собрана база данных более тысячи мостовых сооружений в разных частях света. В качестве интересного факта можно сообщить, что практически не удалось создать раздел базы данных мостов по Южной Америке.

На рисунках представлены фотографии из космоса различных мостовых сооружений в различных частях света, а также их фотографические изображения, сделанные с поверхности земли или самолета.

а

б



Рис. 1. Фотография из космоса (а) и вид с берега (б) мостового перехода через р. Волга в Саратовской области



Рис. 2. Мосты Санкт-Петербурга (стрелка Васильевского острова)

Рис. 3. Фотография моста через Москва-реку

а

б

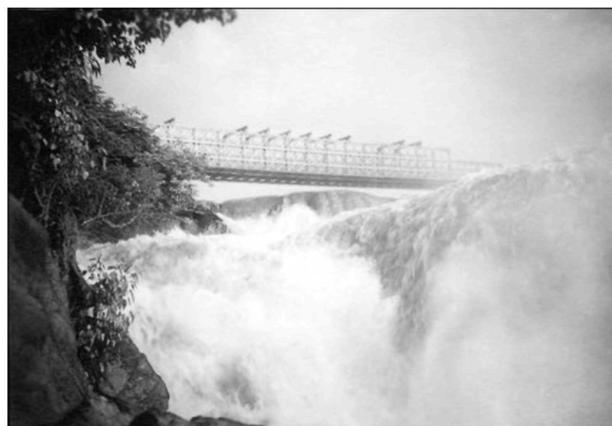


Рис. 4. Фотография плотины и моста Kisangani Демократическая республика Конго (Stanleyville, Tshopo River) а – из космоса, б – с берега



Рис. 5. Мост вертикальной разворотной компоновки Ричмонд, Канада



Рис. 6. Мост в Стамбуле, Турция, пролив Босфор



Рис. 7. Фотография из космоса разводного моста во время отлива (белые точки – защитные мостовые заграждения) длина моста 1 км (штат Мэн).

a



б



Рис. 8. Крупнейший в мире океанский тридцатишестикилометровый мост, г. Шанхай, КНР: *а* – вид из космоса, *б* – вид с самолета

На представленных изображениях виден способ формирования сплошного виртуального фотографического слоя – наложение фотографий, полученных с различных спутников в разное время и с разной высоты. Например, высота точки зрения на рис. 8 равна 57,25 км.

При работе в данном программном модуле с сервером Google имеется возможность просматривать изображения объектов на всех частях света, виртуально изменять пространственное положение и ориентацию точки зрения: высоту, координату, угол наклона по отношению к горизонту. Имеется возможность определять координаты положения объекта, расстояния между объектами, сохранять просмотренную информацию в памяти компьютера.

На изображениях, полученных из космоса, вполне различимы объекты типа зданий и их элементов, автомобили, элементы транспортных сооружений, тень от них, морские волны и т.д. Путем регулирования высоты точки зрения можно по изменению цветности оценивать глубину мелководных участков морей. Система позволяет пользователям наполнять себя сделанными ими фотографиями местности (что и отражено на приведенных рисунках).

Программа отличается высоким уровнем интерактивности. Это повышает качество визуализации, дает возможность зрительно оценить ландшафт местности, определить предварительно оптимальную трассу и сформировать требования к размещению архитектурно-планировочных решений объектов дорожного сервиса.

В качестве вывода можно рекомендовать проектировщикам и строителям автомобильных дорог и искусственных сооружений на них использовать подобные информационные ресурсы в своей деятельности.

УДК 621.822.575

А.В. Сытин

(Орловский государственный технический университет)

Россия, г. Орел, тел. 8 (4862) 41-98-41; e-mail: sytin@ostu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНИЯ КУЛОНА ПРИ РАСЧЕТЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕПЕСТКОВЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ

В статье представлена математическая модель и результаты расчета лепестковых газодинамических подшипников, являющихся на данный момент перспективными опорами роторов высокоскоростных машин. На основании применения моментной теории цилиндрических оболочек для расчета деформаций отдельного участка рассмотрена задача расчета деформаций кругового гофрированного элемента лепесткового газодинамического подшипника под действием газодинамических сил в смазочном слое.

The mathematical model and results of the calculation foil gas bearing, being the most perspective full tilt rotor speediest machines on given moment, are presented in article. The problem of the calculation deforming the circular corrugated element foil gas bearing under the action of gasdynamic of power in lubricating layer is considered on the grounds of using moment to theories cylindrical shell for calculation deforming the separate area.

Эффективным способом повышения удельных характеристик машин является увеличение частот вращения роторов, наибольшие значения которых могут быть достигнуты при использовании газовой (преимущественно воздушной) смазки. Опоры с газовой смазкой обладают практически неограниченной предельной быстроходностью, имеют высокий уровень демпфирования, работают с весьма малыми потерями и нагревом, сохраняют точность положения вала. Перспективными в данном классе являются опоры с упругоподатливыми элементами, так называемые лепестковые газодинамические подшипники (рис. 1). Податливость лепестка позволяет обеспечить чрезвычайно малые зазоры между цапфой и лепестком на большой площади и получить несущую способность, достаточную для многих высокооборотных турбомашин различного назначения.

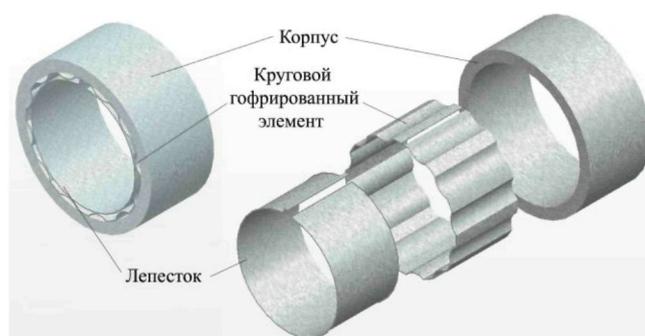


Рис. 1. Лепестковый газодинамический подшипник с упругими элементами

Лепесток имеет тонкое антифрикционное покрытие, обеспечивающее минимальный износ при запуске и остановке. Во время работы машины слой газовой смазки разделяет подшипник и вал, тем самым защищая их от износа. При вращении вала формируется клинообразная полость под воздействием радиальных смещений вала. Лепесток прогибается, обеспечивая некоторую толщину смазочного слоя, превышающую толщину при эквивалентной жесткой поверхности, что приводит к снижению потерь мощности [3]. Гофрированный элемент работает как пружина, обес-

печивающая подстройку под центробежное увеличение диаметра, резкие скачки, а также служит для подавления неустойчивости. Этот элемент также создает проточную часть для охлаждающего воздуха, уносящего тепло от подшипника.

В чистом виде получается, что относительное перемещение является добавочным и в свою очередь создает высокое кулоновское демпфирование, эквивалентное эффекту трения (рис. 2).

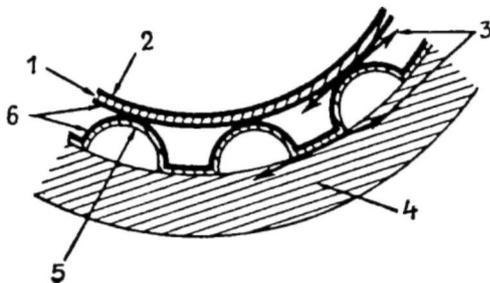


Рис. 2. Реализация кулоновского демпфирования: 1 – лепесток; 2 – внутреннее покрытие лепестка с малым коэффициентом трения, для наименьшего износа во время пуска и останова; 3 – механизм и основные направления трения Кулона; 4 – корпус подшипника; 5 – круговой гофрированный элемент; 6 – внешнее покрытие лепестка и кругового гофрированного элемента с коэффициентом трения, необходимым для реализации механизма трения Кулона.

Один из методов реализации кулоновского демпфирования в показанной конструкции связан с относительным движением между лепестком и круговым гофрированным элементом и между круговым гофрированным элементом и корпусом. Это относительное движение возникает, когда круговой гофрированный элемент деформируется под нагрузкой. Выбором комбинаций материалов можно оптимизировать демпфирующее влияние кулоновского трения. Без этого стабилизирующего механизма (трения Кулона) высокие давления и, следовательно, высокая несущая способность, порождаемые газодинамическим эффектом, не реализуемы из-за преобладания дробно-частотного вихревого движения (рис. 3).

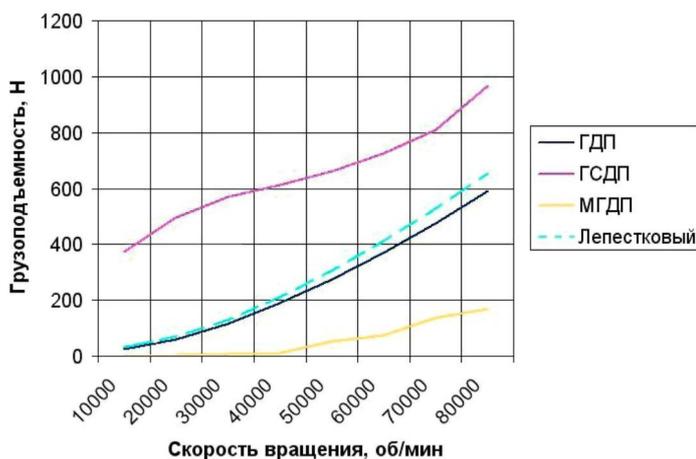


Рис. 3. Сравнение грузоподъемности подшипников с газовой смазкой

Лепесток описывается системой дифференциальных уравнений равновесия в перемещениях для тонкой незамкнутой цилиндрической оболочки, рассчитываемой по моментной теории [1]:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1-\nu}{2R^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} + \frac{1+\nu}{2R} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z \partial \theta} + \frac{\nu}{R} \cdot \frac{\partial w}{\partial z} = 0; \\ & \frac{1+\nu}{2R} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z \partial \theta} + \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \theta^2} + \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta} = -\frac{1-\nu^2}{E\delta} p_{\theta, z}; \\ & \frac{\nu}{R} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} + \frac{w}{R^2} + \\ & + \frac{k_1}{R} \left[R^3 \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + 2R \frac{\partial^4 w}{\partial z^2 \partial \theta^2} + \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial \theta^4} \right] = -\frac{1-\nu^2}{E\delta} p_{\theta, z}, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где $k = \frac{\delta^2}{12R^2}$, R – радиус лепестка, δ – толщина лепестка, w, ϑ, u – перемещения, соответственно в радиальном, окружном и осевом направлениях, $p_{\theta, z}$ – нормальное контактное усилие (давление) $p_{\tau, \theta, z}$ – касательное контактное усилие (кулоновское трение).

Функции $p_{\theta, z}$ и $p_{\tau, \theta, z}$ связаны между собой следующим выражением:

$$p_{\tau, \theta, z} = f \cdot p_{\theta, z}, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения.

Решение системы (1) совместно с граничными условиями, описывающими свободные торцы, а также жестко закрепленную и свободную образующие, однозначно определяет перемещения цилиндрической оболочки.

Круговой гофрированный элемент представим в виде набора отдельных гофров описываемых системой уравнений аналогично (1), для незамкнутых цилиндрических оболочек со свободными торцами и свободным опиранием образующих на корпус подшипника. Условия закрепления и связи гофров друг с другом моделируются граничными условиями.

Для описания внешней нагрузки, действующей на отдельный гофр в произвольном сечении (рис. 4) выделим точки: A_i, B_i, C_i .

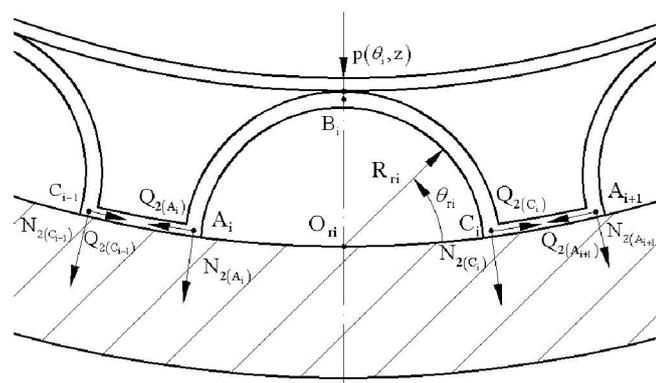


Рис. 4. Схема действующих сил

Действующая со стороны лепестка нормальная нагрузка, а также нагрузка со стороны двух соседних гофров находится из следующего условия:

$$p_{r_i} \theta_{r_i, Z} = \begin{cases} Q_{2 A_{i+1}} - p_{\tau C_i} \theta_{r, Z}, \theta_{r_i} = \theta_{0ri}, Q_{2 A_{i+1}} > Q_{2 C_i}; \\ Q_{2 A_{i+1}} + p_{\tau C_i} \theta_{r, Z}, \theta_{r_i} = \theta_{0ri}, Q_{2 A_{i+1}} < Q_{2 C_i}; \\ p \theta_{i, Z}, \theta_{r_i} = \theta_{\max ri} / 2 \\ Q_{2 C_{i-1}} - p_{\tau A_i} \theta_{r, Z}, \theta_{r_i} = \theta_{\max ri}, Q_{2 C_{i-1}} > Q_{2 A_i}; \\ Q_{2 C_{i-1}} + p_{\tau A_i} \theta_{r, Z}, \theta_{r_i} = \theta_{\max ri}, Q_{2 C_{i-1}} < Q_{2 A_i}. \end{cases} \quad (3)$$

Уравнение для перерезывающей силы соответствует уравнению:

$$Q_{r2} = \frac{D_r}{R_r^3} \left(1 - \nu \frac{\partial^2 g_r}{\partial z^2} - R_r^2 \frac{\partial^3 w_r}{\partial z^2 \partial \theta_r} + \frac{\partial^2 g_r}{\partial \theta_r^2} - \frac{\partial^3 w_r}{\partial \theta_r^3} \right). \quad (4)$$

Входящую в условие (3) силу трения с учетом величины контактирующей поверхности, находим следующим образом:

для точки A_i :

$$p_{\tau A_i} = f \cdot N_{2 A_i} + N_{2 C_{i-1}} \cdot \frac{R + H \frac{\theta - n \cdot \theta^*}{n} + \delta}{2\delta}; \quad (5)$$

для точки C_i :

$$p_{\tau C_i} = f \cdot N_{2 C_i} + N_{2 A_{i+1}} \cdot \frac{R + H \frac{\theta - n \cdot \theta^*}{n} + \delta}{2\delta}, \quad (6)$$

где H – высота гофра, в частном случае $H = R_r$, θ – угловая протяженность кругового гофрированного элемента (считаем равной угловой протяженности лепестка), n – количество гофров, θ^* – угловая протяженность одного гофра произвольного радиуса, на основании теоремы синусов, вычисляется по формуле:

$$\theta^* = 2 \arcsin \left(\frac{R_r}{R + H} \sin \frac{\theta_{r \max}}{2} \right). \quad (7)$$

Для левого края n -го гофра уравнение сил:

$$Q_n - Q_{n-1} - p_{\tau A_i} = 0. \quad (8)$$

$$\frac{\delta_{\tilde{a}}^2}{12 R_{\tilde{a}}^3} \left(1 - \frac{\partial^2 g_{\tilde{a}n}}{z^2} - \frac{\partial^2 g_{\tilde{a}n-1}}{z^2} \right) R_{\tilde{a}}^2 \left(\frac{\partial^3 w_{\tilde{a}n}}{z^2} - \frac{\partial^3 w_{\tilde{a}n-1}}{z^2} \right) - \frac{2}{\tilde{a}n} \frac{2}{\tilde{a}n-1} \frac{3W_{\tilde{a}n}}{\tilde{a}n} - \frac{3W_{\tilde{a}n-1}}{\tilde{a}n-1} - f K_3 \frac{1}{R_{\tilde{a}}} \frac{\tilde{a}n}{\tilde{a}} - \frac{\tilde{a}n-1}{\tilde{a}} \frac{1}{R_{\tilde{a}}} w_{\tilde{a}n} - w_{\tilde{a}n-1} = u_{\tilde{a}n}$$

Расчет характеристик подшипников скольжения предполагает определение полей давления в смазочном слое. Уравнение Рейнольдса для подшипника с газовой смазкой в случае стационарного течения имеет вид [2]:

$$\frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\rho h^3}{\mu K_\theta} \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\rho h^3}{\mu K_z} \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6\omega \frac{\partial \rho h}{\partial \theta}, \quad (10)$$

где p – давление газа, ρ – плотность, μ – вязкость, R – внутренний радиус подшипника.

Функцию радиального зазора, входящую в уравнение Рейнольдса можно представить в виде двух составляющих:

$$h = h_0 + e \cos(\theta - \varphi) + w, \quad (11)$$

где w – прогиб упругого элемента, e – эксцентриситет, θ – расчетный угол.

Разработанная математическая модель позволяет рассчитывать лепестковые подшипники с разнообразной конструкцией кругового гофрированного элемента (рис. 5).

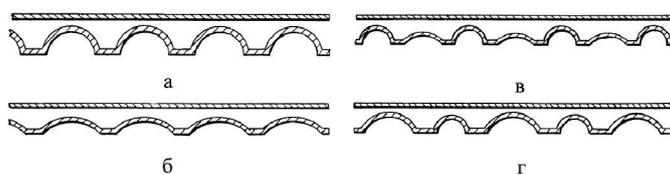


Рис. 5. Конструкции кругового гофрированного элемента

Учет эффекта кулоновского трения позволяет не только учесть процессы, происходящие при взаимном перемещении упругих элементов исследуемой опоры, а также выявить закономерности влияния коэффициента трения на основные характеристики лепесткового подшипника. Результатом является выбор фрикционных покрытий обладающих не только высоким и стабильным коэффициентом трения, но и высокой износостойкостью.

Литература

1. Колкунов, Н.В. Основы расчета упругих оболочек [Текст] / Н.В. Колкунов. – М.: Высшая школа, 1963. – 278 с.
2. Хешмет, Х. Анализ газового ленточного радиального подшипника [Текст] / Х. Хешмет, Дж. А. Уоловит, О. Пинкус // Проблемы трения и смазки, 1983. – Т. 105. – №4. – С. 124-132.
3. Пешти, Ю.В. Газовая смазка [Текст] / Ю.В. Пешти. – М.: МГТУ, 1993. – 381 с.

Ответственные за выпуск:

Колчунов В.И., Коробко В.И., Никулин А.И., Солопов С.В.

Известия ОрелГТУ.

Серия «Строительство. Транспорт». - №2/18 (543) 2008 (апрель-июнь). – 99 с.

Лицензия ИД № 00670 от 05.01.2000 г.

Подписано в печать 30.06.2008 г.

Формат 69×90/8. Бумага офсетная.

Печать ризография. Гарнитура «Таймс».

Печ. л. 6,3. Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65