

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия архитектуры
и строительных наук
Ассоциация строительных вузов
Правительство Белгородской области
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова

**Международная научно-практическая
конференция, посвященная 65-летию
БГТУ им. В.Г. Шухова**

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИННОВАЦИИ
(XXIII научные чтения)**



**Сборник докладов
Часть 2**

**29 апреля
Белгород 2019**

УДК 001.2
ББК 72+65.291
М 43

Научно-технические технологии и инновации: эл. сб. докладов
М 43 Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2019.
– Ч. 2. – 121 с.

ISBN 978-5-361-00698-4

В сборнике представлены экспериментальные исследования, предложения по современным конструктивным и организационно-технологическим решениям в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Материалы сборника предназначены для научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и производственных организаций и могут быть полезны для преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов вузов.

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. В.А. Уваров,
д-р техн. наук, проф. Л.А. Сулейманова.

УДК 001.2
ББК 72+65.291

ISBN 978-5-361-00698-4

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Белоус О.Е. Анализ температурного режима краевых зон наружных стен.....	5
Белоус А.Н., Оверченко М.В. Анализ факторов, влияющих на выбор систем утепления общеобразовательных учреждений	10
Донченко О.М., Литовкин Н.И., Салтанова Е.В. Диагностика фактического состояния несущей способности и надежности конструкций зданий и сооружений	15
Донченко О.М., Литовкин Н.И., Салтанова Е.В. Исследование надежности конструкций объекта культуры - «Памятник белгородцам, погибшим в Афганистане»	19
Кара К.А., Шорстов Р.А. Приемы создания газобетона с вариатропной структурой.....	23
Климова Е. В., Семейкин А. Ю., Хлусова В. П., Рыжиков Е. Н. Организационно-технические решения для снижения производственного травматизма в строительстве	29
Козлюк А.Г., Рябчевский И.С. Анализ внедрения и применения биллинговой системы в жилищно-коммунальном хозяйстве	34
Косухин М.М., Косухин А.М., Горбунова А.В., Ковалева К.А. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения.....	39
Косухин М.М., Косухин А.М., Горбунова А.В., Ковалева К.А. Проблема износа инженерных сетей жилищно-коммунального хозяйства.....	45
Кочерженко В.В., Сулейманов А.Г. Устойчивость армированных грунтов в отвалах, насыпи и подпорных стенах	51
Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. О новом технологическом укладе в строительстве	60
Мазур В.А., Новицкая Е.И., Крупенченко А.В. Техно-экономическое обоснование устройства внутреннего теплового контура в зданиях крытых бассейнов	65
Меркулов С.И., Есипов С. М. О вариации подходов к расчету многослойных элементов в SCAD.....	70

Мушанов В.Ф., Оржеховский А.Н., Мушанов А.В. Оптимальное проектирование структурных покрытий на нетиповых планах.....	75
Мушанов В.Ф., Зубенко А.В., Цепляев М.Н. Уточненные подходы к расчету и проектированию вертикальных цилиндрических резервуаров, эксплуатируемых в составе группы....	80
Панченко Л.А. Повышение прочности на срез железобетонных балок путем дисперсного армирования	86
Пириев Ю.С. Применение пенобетона в современном строительстве	90
Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Образование и устранение наледи на скатных крышах с неотапливаемым чердаком	94
Шарапов О.Н., Булах Р.В. Сравнение спринклерной и дренчерной систем пожаротушения	99
Шарапов О.Н., Бутлов А.Н., Булах Р.В. Методика применения статистического моделирования для планирования реконструкции объектов с учетом заданных сроков.....	106
Юрьев А.Г., Зинькова В.А. Эволюция проектировочных расчетов ферм	111
Смоляго Г.А., Фролов Н.В. Описание нормативной криволинейной диаграммы деформирования бетона при кратковременном сжатии полиномиальной функцией.....	115

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА КРАЕВЫХ ЗОН НАРУЖНЫХ СТЕН

Белоус О.Е., ассистент

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы проектирования наружных ограждающих конструкций, с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических требований и условий комфортности. Выполнен анализ натуральных и теоретических исследований температуры на внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции. Рассчитано приведенное сопротивление теплопередачи на основании полученных результатов исследований.

Ключевые слова: теплопроводные включения, температурный режим, сопротивление теплопередачи, условия комфортности.

На протяжении последнего десятилетия при новом строительстве и термомодернизации существующих зданий стало заметно соблюдение требования [1] и [2] в части обеспечения сопротивления теплопередачи. Однако при этом не всегда выполняются условия комфортности и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые нормативными документами к наружным непрозрачным ограждающим конструкциям. Одной из главных причин невыполнения этих требований – это не придание значимости данным факторам, но не стоит забывать, что жилые здания предназначены для постоянного времяпровождения людей и главными задачами проектирования – это комфортность и санитарно-гигиенические требования к микроклимату помещений и наружным ограждающим конструкциям.

Для жилых зданий допустимая, по условию комфортности, разница между температурой внутреннего воздуха и приведенной температурой внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции, согласно [1,2] – $4,0^{\circ}\text{C}$.

Для непрозрачных наружных ограждающих конструкций жилых зданий, с санитарно-гигиенической точки зрения, не допускается температура на внутренней поверхности меньше температуры точки росы. Данное требование наиболее часто не выполняется в местах линейных или точечных теплопроводных включений или краевых зонах. Для анализа температурного режима и соблюдения санитарно-гигиенических требований были проведены натурные исследования наружных ограждающих конструкций с теплопроводными

включениями эксплуатируемого одноэтажного жилого дома, расположенного в г. Макеевка Донецкой области, с следующими параметрами: здание без подвала, с холодным чердаком; ограждающие конструкции выполнены из ракушечника толщиной 200 мм; с утеплителем из пенополистирола толщиной 50 мм с наружной стороны, и гипсокартонных плит с внутренней; кобель высотой 580 мм; высота помещения 2,5 м; окна – металлопластиковые.

Согласно требованиям [3], натурные исследования наружных ограждающих конструкций проводились в зимний период, в жилых помещениях ориентированных на юго-восток и юго-запад. Для исследований были выбраны три однотипные ограждающие конструкции, расположенные в угловых помещениях с одинаковыми температурно-влажностными условиями. Требуемое значение температуры воздуха в помещении поддерживалась благодаря использованию автономной системы отопления.

Температурный контроль качества теплоизоляции ограждающих конструкций проводился в натуральных условиях в период с 5.01.2019г. по 8.01.2019г. Замеры температур проводились в дневное время с температурой воздуха снаружи -5°C , скорость ветра до 2 м/с, облачностью 8-10 баллов, дабы исключить попадание прямого солнечного света.

Согласно методике исследований [3], для определения приведенного сопротивления теплопередачи термически однородной ограждающей конструкции, в здании были определены места теплопроводных включений, в которых были произведены измерения температур на внутренней и наружной поверхности ограждения.

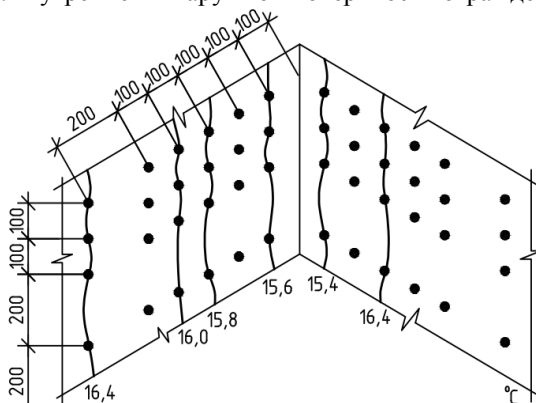


Рисунок 1 - Фрагмент краевой зоны внутренней части стены.

На рис.1 представлен фрагмент участка углового сопряжения наружных стен, на рис. 2 перемычная зона оконного проема, с размещением контрольных точек для измерения температур и изотермами температур на внутренней поверхности.

Как видно из результатов исследования зоны сопряжения наружных стен минимальная температура на внутренней поверхности равна $15,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, осредненная температура краевой зоны общей шириной 2 м равна $16,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом для данного фрагмента выполняется условие комфортности ($0,3\text{ }^{\circ}\text{C} < 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) и санитарно-гигиенические требования ($15,4\text{ }^{\circ}\text{C} > 5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Сопротивление теплопередачи по основному полю наружной стены составило $1,274\text{ (м}^2\text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$.

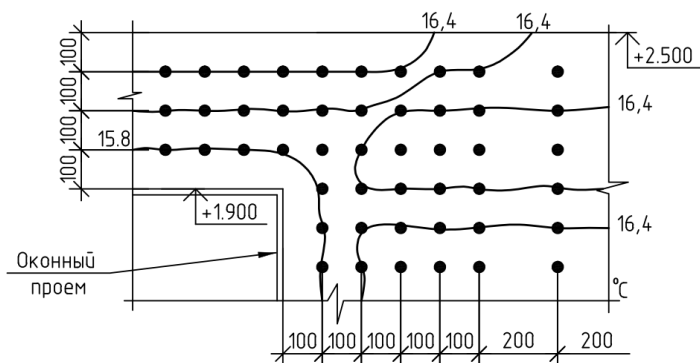


Рисунок 2 - Фрагмент краевой зоны внутренней части стены.

Зона оконного проема с теплопроводным включением в виде железобетонной перемычки тоже соответствует требованиям условия комфортности ($0,8\text{ }^{\circ}\text{C} < 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) и санитарно-гигиеническим требованиям ($15,8\text{ }^{\circ}\text{C} > 5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Опираясь на полученные натурные данные показателей температур на внутренней и внешней поверхности и плотности теплового потока можно сделать вывод о соответствии наружных ограждающих конструкций условиям комфортности и санитарно-гигиеническим требованиям. Однако при расчете теплотерь здания через наружные ограждающие конструкции при определении приведенного сопротивления теплопередачи учитываются линейные коэффициенты теплопередачи, полученные теоретически с помощью моделирования температурных полей. После расчета приведенного сопротивления теплопередачи данного стенового ограждения мы получаем значение на

70% меньше чем полученное в результате натуральных исследований. Таким образом температуры на внутренней поверхности должны быть ниже на 3-4 °С.

Для теоретического прогнозирования температур на внутренней поверхности в местах линейных теплопроводных включений и краевых зон, а также определения линейных коэффициентов теплопередачи используется уравнение Лапласа для двумерного температурного поля:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0$$

Однако решение дифференциального уравнения требует определения граничных условий третьего рода [4] и довольно большие по времени затраты труда на этапе проектирования. В современном мире существует большое количество программных комплексов для решения данной задачи. Большинство из них основывается на решении уравнения Лапласа методом сеток.

Произведем моделирование двумерного температурного поля углового сопряжения наружных ограждающих конструкций жилого здания взятого в качестве объекта натуральных исследований. Моделирование температурных полей выполнено в программном комплексе THERM 7.0, в качестве граничных условий взяты температуры и коэффициенты теплообмена по данным натуральных исследований, а также результаты полученных данных [5]. Результаты моделирования представлены на рис. 3.

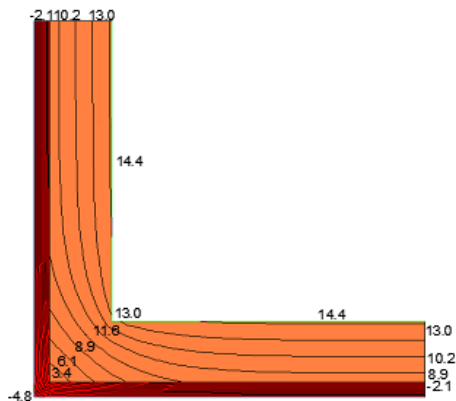


Рисунок 3 - Температурное поле в зоне углового сопряжения наружных ограждающих конструкций.

Согласно результатов моделирования двухмерного температурного поля усредненная температура внутренней поверхности равна 13,6 °С, минимальная температура – 13,0 °С, сопротивление теплопередачи по основному полу - 1,52 (м² °С)/ Вт.

При расчете приведенного сопротивления теплопередачи наружных ограждающих конструкций с учетом линейного коэффициента теплопередачи приведенное сопротивление снизилось с 1,52 (м² °С)/ Вт по основному полу до 0,64 (м² °С)/ Вт. При таком значении сопротивления теплопередачи температуры на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций должны соответствовать значениям 7...8 °С. Однако как видно из рис. 3 температуры на внутренней поверхности равны 13...14,4 °С.

При сопоставлении теоретических и натурных исследований по температуре внутренней поверхности разница между значениями составляет 15,6%, по сопротивлению теплопередачи 16%. Таким образом четко прослеживается завышение теоретических значений сопротивления теплопередачи и занижение температурных показателей. Как следствие данного явления увеличение значения линейного коэффициента теплопередачи программными комплексами и занижение приведенного сопротивления теплопередачи в дальнейших расчетах теплотерь здания.

Список литературы:

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: МінбудУкраїни, 2006. 64 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. 82 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Метод определения сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций. К.:МінбудУкраїни, 2010. 94 с.
4. Лыков А.В. Теоретические основы строительной теплофизики. Минск: Изд-во АН БССР, 1961. 519 с.
5. Белоус А.Н. Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів примикань огорожень, що контактують з ґрунтом. / А.Н. Белоус., Е.С.Колесник // Журнал «Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво)». – Киев, 2014. – Том 80. – С. 11-16.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР СИСТЕМ УТЕПЛЕНИЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Белоус А.Н., канд. техн. наук, доцент,

Оверченко М.В., ассистент

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы и установлены факторы, влияющие на тепловлажностные характеристики ограждающих конструкций зданий образовательных учреждений. Произведено моделирование температурных полей узлов общественных зданий типовых серий. Рассмотрены возможные способы термомодернизации таких зданий.

Ключевые слова: тепловлажностный режим; теплопроводные включения; энергоэффективность; термомодернизация.

В сложившихся в нынешнее время условиях высоких экономических требований и дефицита энергоресурсов, а также роста стоимости энергоносителей, одной из главных проблем становится снижение энергопотребления. К одним из основных потребителей относят здания и сооружения. Согласно исследованиям ученых, в странах ЕС здания потребляют приблизительно 40% от вырабатываемой энергии что эквивалентно 30% выбросов в атмосферу продуктов углерода. Исходя из этого, в Европе была принята Директива 2010/31/ЕС, согласно которой, новые здания, принадлежащие государству, должны обладать почти нулевыми энергетическими показателями (nZEB).

В нашей стране большинство зданий, построенных по старым строительным нормам, нуждаются в термомодернизации. Одно из первых мест в государственной политике по повышению энергоэффективности эксплуатируемых зданий занимают здания образовательных учреждений. Около 90% образовательных учреждений донецкого региона нуждаются в термомодернизации.

На сегодняшний день в Донецкой области насчитывается около 920 эксплуатируемых общеобразовательных школ. Наибольшее распространение получили школы, построенные по типовым проектам:

1. ТП №2-02-27 – школа на 880 учащихся. Этажность – 4. Материал наружных ограждающих конструкций – кирпич обыкновенный. $R_{\Sigma\text{прив}} = 0,787 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт по [1]}$.

2. ТП №2-02-73 – школа на 920 учащихся. Этажность – 3.

Материал наружных ограждающих конструкций – кирпич обыкновенный. $R_{\Sigma\text{прив}} = 0,744 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$.

3. ТП №224-1-431.85 – школа на 44 класса. Этажность – 4. Материал наружных ограждающих конструкций – кирпич пустотелый кирпич с наружной отделкой из лицевого кирпича. $R_{\Sigma\text{прив}} = 0,890 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$.

4. ТП №222-1-193/75 – школа на 30 классов. Этажность – 3. Материал наружных ограждающих конструкций – керамзитобетонные панели по серии ИИ-04-5. $R_{\Sigma\text{прив}} = 0,743 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$.

5. ТП №222-1-457.85 – школа на 44 класса. Этажность – 3. Материал наружных ограждающих конструкций – керамзитобетонные панели по серии 1.030.1-1. $R_{\Sigma\text{прив}} = 0,735 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$.

Требуемое сопротивление теплопередаче таких наружных ограждающих конструкций значительно ниже нормативного значения $R_0^{\text{норм}}$, которое определяется в зависимости от региона строительства по ГСОП согласно [2] и $R_{q\text{ min}}$, $(\text{м}^2\cdot\text{К)/Вт}$, согласно [1]. Также, для наружных ограждающих конструкций отапливаемых помещений обязательным является выполнение условия $\tau_{\text{вmin}} > t_{\text{min}}$ по предотвращению выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций. На основании требований [3] температура внутреннего воздуха в учебных аудиториях, классах, учебных кабинетах школ и высших учебных заведений должна быть в пределах 18-20 °С.

На тепловые характеристики ограждающих конструкций существенно влияет влажностный режим, который нормируется согласно [4]. На основании ранее проведенных исследований [5], наиболее неблагоприятным с точки зрения тепловлажностного состояния, является конструктивное решение типовых серий ТП №222-1-457.85 и ТП №222-1-193/75 (рис.1).

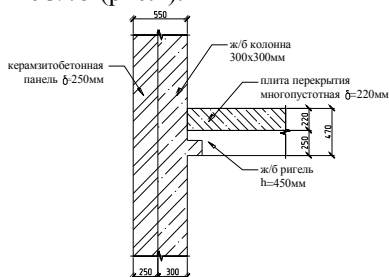


Рисунок 1 - Узел каркасного общественного здания серии ИИ-04
Для данного конструктивного решения было произведено

моделирование двумерных температурных полей в программном комплексе THERM7, результаты которого представлены на рисунках 2 – 3.

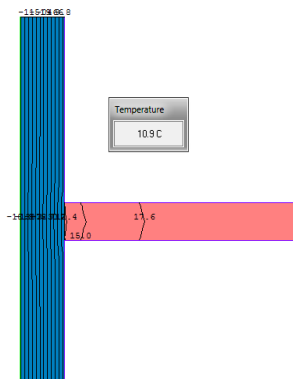


Рисунок 2 - Распределение температурных полей в узле сопряжения стеновой панели и панели перекрытия.

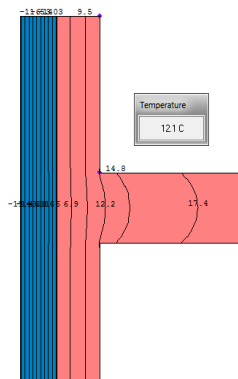


Рисунок 3 - Распределение температурных полей в узле сопряжения колонны и стеновой панели.

По результатам моделирования установлено, что температура внутренней поверхности в обоих узлах (рис. 2-3) не соответствует требованиям нормативных документов, а также температура поверхности узла (рис.2) ниже температуры точки росы, что свидетельствует об образовании конденсата на внутренней поверхности. Следовательно, необходима термомодернизация таких зданий с учетом влажностного режима ограждающих конструкций.

Частичная термомодернизация (замена оконных блоков на металлопластиковые) в зданиях образовательных учреждений существенно снижает кратность воздухообмена, что приводит к увеличению влажности внутреннего воздуха на 20% и может негативно отражаться на состоянии здоровья учеников и режиме ограждающих конструкций. Длительное или постоянное пребывание людей в таких зданиях вызывает неравномерный прирост влаги внутри помещения, что обуславливает в дальнейших расчетах учитывать нестационарный влажностный режим, требующий дополнительных аналитических и экспериментальных исследований. Теплопроводные включения значительно повышают теплопотери через ограждающие конструкции, однако косвенно способствуют поддержанию нормального влажностного режима помещений за счет инфильтрации воздуха через

неплотности в наружных ограждениях. При этом не стоит забывать о продольной фильтрации, которая характерна для панельных зданий с плохо выполненной расшивкой вертикальных швов. Конструкции с продольной фильтрацией характеризуются повышенной влажностью, что негативно сказывается на тепловых характеристиках стен.

При осуществлении термомодернизации зданий образовательных учреждений необходимо использовать современные конструктивные решения, обеспечить герметизацию теплоизолирующего слоя, использовать светопрозрачные ограждающие конструкции с достаточной воздухопроницаемостью. Повысить энергоэффективность наружных ограждающих конструкций возможно за счет:

- применения теплоизоляционных материалов с низким коэффициентом теплопередачи;
- выбора наиболее эффективного для рассматриваемого конструктивного решения способа термомодернизации;
- устройства дополнительной изоляции мостиков холода с учетом влажностного режима.

Вместе с этим необходимо учитывать воздухопроницаемость конструкций и материалов, которая в зимний период года может привести к образованию конденсата в отдельных слоях конструкции. Наиболее эффективным способом повышения теплозащитных характеристик ограждающих конструкций является наружное утепление, как при новом строительстве, так и при реконструкции. Это утепление возможно производить двумя методами:

- 1) применение штукатурных покрытий – система «мокрый» фасад;
- 2) использование конструктивных систем с воздушным зазором между утеплителем и облицовкой – «сухой» фасад (вентилируемые фасадные системы).

В зависимости от типа фасадной системы используются различные виды утеплителей. В системах «мокрый» фасад возможно применение минераловатных плит и пенополистирола. Система утепления на пенополистироле экономически более выгодна, однако ее применение в зданиях образовательных учреждений недопустимо противопожарными нормами. Минераловатные плиты удовлетворяют противопожарным требованиям, но в таких системах отделочный слой должен быть выполнен с применением штукатурок с высокой паропроницаемостью, а также использование в конструкции некоторых разновидностей минераловатных плит (базальтовая вата) приводят к ее значительному удорожанию.

Вентилируемые фасадные системы являются более

дорогостоящими, в первую очередь, из-за необходимости дополнительного крепления утеплителя во избежание его «сползания» по стене. Также в системах вентфасадов необходимо предотвращать попадание влаги в воздушную прослойку, что негативно повлияет на теплотехнические свойства утеплителя.

Выводы:

1. Наружные ограждающие конструкции зданий образовательных учреждений типовых массовых серий до и после частичной термомодернизации не соответствуют требованиям нормативных документов по сопротивлению теплопередаче и санитарно-гигиеническим требованиям.

2. Независимо от типа фасадной системы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, основным фактором, влияющим на выбор способа утепления, является долговечность теплоизоляционного материала, которая зависит от комплекса факторов, оказывающих воздействие на ограждающую конструкцию.

Список литературы:

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. К.: МінбудУкраїни, 2006. 64 с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. 82 с.
3. ДБН В.2.2-3-97 Будинки і споруди. Будинки та споруди навчальних закладів. К.: Держкоммістобудування України, 1997. 50 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. К.: Мінрегіон України, 2014. 62 с.
5. Оверченко М.В. Анализ влажностного состояния ограждающих конструкций образовательных учреждений // Опыт прошлого – взгляд в будущее: 8-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов / под общей редакцией доктора техн. наук, проф. Р.А. Ковалева: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. С. 170 – 174. Режим доступа: http://tsu.tula.ru/files/40/conf_molod-2018.pdf

ДИАГНОСТИКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Донченко О. М., канд. техн. наук, профессор,
Салтанова Е. В., ст. преподаватель,
Литовкин Н. И., ст. преподаватель**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений первостепенное значение приобретает поддержание на должном уровне технического состояния зданий и сооружений, В настоящее время в практике эксплуатации зданий и сооружений наиболее актуальными являются два направления: диагностика и обследование технического состояния конструкций зданий и сооружений. Главной проблемой в настоящее время являются не вовремя выявленные дефекты строительных конструкций, которые приводят к аварийности строительных объектов.

Ключевые слова: диагностика, обследование, аварийность, надежность, физический износ, долговечность

Обеспечение надежности и безопасности зданий имеет огромное значение. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации зданий и сооружений первостепенное значение приобретает поддержание на должном уровне технического состояния зданий и сооружений, в том числе и за счет продления нормативных сроков эксплуатации, восстановления и реконструкции.

Для этого необходимо выполнять минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям: пожарной и механической безопасности, безопасных условий для проживания и пребывания людей, безопасного уровня воздействия на окружающую среду, доступности зданий и сооружений для групп людей с ограниченными возможностями передвижения и энергетической эффективности [1].

В настоящее время в практике эксплуатации зданий и сооружений наиболее актуальными являются два направления: диагностика и обследование технического состояния конструкций зданий и сооружений.

Диагностика - установление и изучение признаков, характеризующих состояние строительных конструкций зданий и сооружений для определения возможных отклонений и предотвращения

нарушений нормального режима их эксплуатации [2]. Она проводится в процессе строительства, эксплуатации и ремонта для контроля за качеством строительства, авторского надзора, производственного контроля, приемки объекта в эксплуатацию, для ведения мониторинга за техническим состоянием и надежностью здания.

Обследование - комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления [3].

При технической диагностике устанавливаются причины, вызвавшие отказ или повреждения конструкций. Под «дефектом» при этом понимается любое отклонение какого-либо параметра от установленного нормативно-правовыми актами. А процесс обнаружения и поиска дефектов является «диагностированием». Например, в случае возникновения аварий определяется состояние сохранившихся конструкций.

Цель проведения обследования состоит в формировании заключений о техническом состоянии конструкций и зданий в целом, их пригодности при дальнейшей эксплуатации.

Главной проблемой в области диагностики технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений в настоящее время являются не вовремя выявленные дефекты строительных конструкций, которые приводят к аварийности строительных объектов.

Для исследования таких важных вопросов как надежность, физический износ, долговечность и степень остаточного ресурса безопасной работы сложных объектов, необходимы серьезные научные подходы, так как повреждения, снижение пространственной жесткости и надежности зданий и сооружений происходят в результате не одной, а целого комплекса причин, для выяснения которых требуются значительные знания экспертов, занимающихся вопросами диагностики конструкций и технического состояния строительных объектов. При проведении диагностики необходимо обращать внимание на более часто происходящие повреждения в период эксплуатации несущих и ограждающих элементов зданий по видам и материалам конструкций.

Для металлических конструкций – это всевозможные подвески оборудования к элементам стропильных и подстропильных ферм покрытия, колоннам и связям между колоннами и фермами или удаления связей для устройства удобных проходов, которые в связи со

своей тонкостенностью изгибаются, теряют устойчивость и приводят к обрушению покрытия или даже всего каркаса здания.

Железобетонные – это всевозможные устройства отверстий и каналов в фермах, балках и колоннах, оголение на больших участках арматуры от защитного слоя бетона, подвеска или размещение нового оборудования на крупноразмерных плитах перекрытия и покрытия. Необходимо хорошо помнить, что если при возникновении вертикальных трещин в пролете железобетонных балок надо вызывать специалистов и производить усиление балок, то при образовании наклонных приопорных трещин, необходимо немедленно останавливать производство, удалять работающих, ограждать этот участок здания, так как может спонтанно произойти разрушение перекрытия или покрытия.

Каменные - всевозможные устройства глубоких проемов и борозд для прокладки коммуникаций в простенках несущих стен, ослабленных кладкой в «пустошовку»; замачивание кладки из силикатного кирпича паропроводящими выпусками труб; внецентренное нагружение столбов и пилястр; присоединение поперечных стен к продольным без какой-либо надежной связи, неприятие мер к осушению кладки подвалов и ремонту карнизов и балконов и т.п., что может в дальнейшем привести к обрушениям и тяжелым последствиям.

Особому контролю следует подвергать общественные здания, предназначенные для пребывания большого количества людей, например, административные, спортивные и торговые здания, для проведения культурно-массовых мероприятий. Часто такие здания имеют технологически сложные большепролетные вантовые, купольные или ферменные перекрытия, перекрытия-оболочки.

Только за год (с мая 2017 по май 2018) при обрушениях зданий в России погибли 30 человек и пострадали 58 человек [4].

В 53% случаев обрушения конструкций зданий и сооружений происходит из-за совокупности нарушений, допущенных на различных этапах строительства и эксплуатации.

Из-за несоблюдения технологии проведения строительно-монтажных и ремонтных работ (в том числе правил техники безопасности) приходится 32% причин обрушений (в 2016 году — 39 %). Брак, низкое качество строительных материалов - 9% (в 2016 году — 17%). В результате нарушений условий (в том числе сроков) эксплуатации зданий происходит около 53% обрушений (в 2016 году 44%). Ошибки при проектировании зданий вызывают до 6% аварий.

Так, например, из-за несоблюдения технологии проведения строительно-монтажных и ремонтных работ (в том числе правил

техники безопасности) произошло обрушение потолка в торговом центре Калининграда; обрушилась часть фасада и кровля административного здания в Москве (один человек погиб); обрушилась кровля строящегося производственного здания в Курске; произошло обрушение лестничных маршей с шестого по второй этажи в строящемся 10-этажном жилом доме в Саранске (3 человека погибли).

Из-за низкого качества строительных материалов и брака произошло обрушение потолка в новом перинатальном центре Южно-Сахалинска; обрушение потолка бизнес-центра в Москва; обрушение потолка торгового центра в Миасе Челябинской области; обрушение подземного перехода в Курске.

В результате нарушения сроков эксплуатации зданий сейчас происходит около 53% обрушений (в 2016 году 44%), сопровождающихся травмированием и гибелью людей: обрушение части жилого дома в Ижевске (7 человек погибли); обрушение стены в Красноярске (один человек погиб); обрушение потолка в школе Брянска (пострадали 5 детей); обрушение жилого дома в Мурманске (один человек погиб).

Ошибки при проектировании зданий составляют 6%. В строящемся здании школы в Строгино Московской области дважды обрушились перекрытия; обрушение потолка строящегося рынка в Саратове, обрушение торгового центра во Владивостоке, обрушение покрытия строящегося спортивного зала в Санкт-Петербурге (один человек погиб).

Анализ наиболее значительных обрушений покрытий зданий показал, что все аварии произошли по схожим причинам, не зависимо от географического положения объекта. Значительной части подобных ситуаций можно было избежать при соблюдении строительных норм, норм проектирования и правил безопасности.

Список литературы:

1. РФ федеральный закон от 2 июля 2013 г. N 185-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
2. Шулайкин А.Ю., Попов М.А., Ковалев В.А., Иванов А.В., Артамонов Ю.С., Шурыгин А.Е. Обследование технического состояния зданий и сооружений // Современная техника и технологии. 2016. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2016>
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. Двенадцатый ежегодный статистический отчет по обрушениям от ГЦЭ (с мая 2017 по май 2018)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРЫ - «ПАМЯТНИК БЕЛГОРОДЦАМ, ПОГИБШИМ В АФГАНИСТАНЕ»

Донченко О. М., канд. техн. наук, профессор,
Салтанова Е. В., ст. преподаватель,
Литовкин Н. И., ст. преподаватель
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Проведение исследований надежности конструкций объекта культуры вызвано необходимостью установления причин значительного повреждения его железобетонных плоских панелей наружной облицовки. Техническое состояние объекта и примененные для его возведения конструкции, вызывают необходимость ежегодного прогнозирования их надежности, долговечности и разработки мероприятий по обеспечению требуемых эксплуатационных качеств этого сооружения.

Ключевые слова: надежность, техническое состояние, конструкции, долговечность.

Сохранение памятников культуры – одна из важнейших составляющих патриотического воспитания граждан Российской Федерации. «Афганская война» - очередная героическая страница в новейшей истории нашей страны. Вывод советских войск из Афганистана начался 15 мая 1988 года в соответствии с заключенными 14 апреля 1988 года Женевскими соглашениями, а закончился 15 февраля 1989 года.

В 1995-м году в Белгороде был возведен Мемориал воинам-афганцам. Скульптурная композиция памятника представляет высокий прямоугольный куб с входными арками, в центре которого подвешены символические траурные колокола, а венчает мемориал большой крест из чёрного мрамора.

Обследование технического состояния строительных конструкций памятника, как и других объектов культуры, находящихся в нормативном, исправном и работоспособном состоянии, проводится не реже одного раза в пять лет, находящихся в ограниченно работоспособном состоянии - не реже одного раза в три года, а находящихся в недопустимом и аварийном состоянии – ежегодно [1].

Проведение настоящих исследований было вызвано необходимостью установления причин значительного повреждения

железобетонных плоских панелей наружной облицовки этого памятника. Техническое состояние памятника и примененные для его возведения конструкции, вызывают необходимость ежегодного прогнозирования их надежности, долговечности и разработки мероприятий по обеспечению требуемых эксплуатационных качеств этого сооружения.

Конструктивная часть памятника выполнена следующим образом. Опорная часть памятника устроена из четырех металлических замкнутых листовых пространственных элементов сложного очертания. По фасадным сторонам эти элементы облицованы несколькими рядами сборных железобетонных крупногабаритных панелей марок П1 – П8а. Габаритные размеры панелей изменяются в зависимости от их размещения, увеличиваясь по высоте памятника. Панели изготовлены из бетона на мраморной крошке и белом цементе. В каждой из них устроено по две монтажные петли Мн-2. Остальные наружные поверхности (торцевые и внутренние) опор отделаны штукатуркой на белом цементе с добавлением мраморной крошки.

Крепление плит облицовки к металлическим опорам выполнено путем приварки закладных металлических деталей МН1, размещенных в облицовочных плитах (уголок 50х5 с анкером из арматурного стержня диаметром 8мм класса А-III). По высоте дополнительно панели соединяются между собой на металлических штырях-пиронах, установленных в просверленных отверстиях в смежных панелях соосно.

В панелях нижнего яруса выполнено два типоразмера плит облицовки: П1 и П1а с размерами 1660х1495(н) толщ 70мм и П5, П5а - размерами 1590х1495(н) толщ 70мм. Конструирование и армирование этих панелей представлено на листах КЖИ-П1, КЖИ-П5 проекта.

Панели изготовлены из бетона класса В25 на мраморной крошке и белом цементе марки по морозостойкости – F50, по водонепроницаемости – W2. Армирование облицовочных панелей сеткой из стальной проволоки диаметром 5мм класса Вр-1 с шагом 200мм в двух направлениях было предусмотрено конструктивно, т.е. только из условий прочности и жесткости при разопалубке, хранении, транспортировке, монтаже и эксплуатации только в вертикальном положении.

При выполнении натурных исследований строительных конструкций памятника были выявлены следующие многочисленные дефекты и повреждения:

- растрескивание, расслаивание и осыпание поверхностных слоев бетона железобетонные панелей облицовки;

- смещение панелей облицовки из плоскости поверхности в наружную сторону;
- отсутствие в смотровых горизонтальных люках герметичных прокладок, предотвращающих проникновение атмосферных осадков во внутреннее пространство опор;
- некачественно выполненная заделка швов облицовки опор сборными декоративными панелями;
- повреждение коррозией внутренних поверхностей металлических опорных пилонов;
- растрескивание и разрушение подступенков под мраморными проступями лестниц.

Основными причинами дефектов в нижнем ярусе панелей облицовки являются недостатки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации памятника.

К недостаткам проекта относится отсутствие достаточно жестких указаний о строительстве дренажных выпусков в облицовке для удаления из полостей опор атмосферных вод и негерметичности швов и люков. К дефектам строительства относятся – устройство негерметичных люков, неудовлетворительная зачеканка швов между облицовочными плитами и недостаточный уклон поверхности подиума памятника для стока атмосферных вод наружу. Во время эксплуатации памятника не принимались своевременно кардинальные меры по герметичности люков, швов и созданию первичных уклонов полов подиума.

Атмосферные воды через негерметичные верхние люки в металлических опорах, крышки которых часто оставались открытыми, а также через негерметично и неудовлетворительно заделанные швы между верхними панелями облицовки постоянно попадали, соответственно, в замкнутое пространство опор, и в швы между металлическими опорами и панелями облицовки. В отсутствие дренажных выпусков в холодные времена года эти атмосферные воды, замораживаясь, увеличивались в объеме и в результате расклинивающего эффекта приводили к повреждению панелей нижнего яруса.

Неудовлетворительные (небольшие) уклоны полов подиума приводили к застоям поверхностных атмосферных вод и после многих циклов их замораживания-оттаивания происходило размораживание и поверхностное разрушению бетона мозаичных полов и подступенков подиума.

На основании всего вышеизложенного можно прийти к следующим выводам.

При выполнении ремонтных работ необходимо выполнить качественную герметизированную заделку швов между панелями и предотвращение попадания атмосферных осадков через неплотности между гранями проемов и люков в металлических опорах

Для увеличения долговечности металлических опор необходимо:

- все внутренние поверхности металла обработать антикоррозионными защитными покрытиями;
- устроить гидроизоляцию металлических пилонов и выполнить герметизацию швов между железобетонными панелями облицовки;
- выполнить ремонт лестниц подиума с устройством подступенков из мраморных плит;
- бетон новых облицовочных железобетонных панелей должен быть класса В30 по прочности на сжатие, по морозостойкости марки F100, по водонепроницаемости марку - W-6.

Выполнение вышеуказанных ремонтно-восстановительных работ должно осуществляться специализированной организацией, имеющей опыт выполнения работ подобного вида.

Сотрудники отдела охраны памятников должны производить регулярный осмотр конструкций памятника и осуществлять контроль за его техническим и эстетическим состоянием.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 55567-2013 Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования
2. ГОСТ 31937-2011 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния",
3. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружения Госстрой России, М. 2004 г.
4. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-23-81*) (взамен СНиП II-В.3-72, СНиП II-И.9-62, СН 376-67)
5. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*) (взамен СНиП II-6-74)
6. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений (актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*) (взамен СНиП II-15-74 и СН 475-75)

ПРИЕМЫ СОЗДАНИЯ ГАЗОБЕТОНА С ВАРИАТРОПНОЙ СТРУКТУРОЙ

Кара К.А., канд. техн. наук,
Шорстов Р.А., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Повышение требований по теплоизоляции зданий привело к дефициту современных теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных материалов, отличающихся низкой средней плотностью, высокой прочностью, простотой технологии производства и экономической целесообразностью. К таким материалам относится газобетон и одним из путей повышения его эксплуатационных свойств является создание вариатропной структуры композита.

Ключевые слова: газобетон, вариатропная структура, средняя плотность, технология.

Проблемы, возникшие в строительной отрасли в связи повышением требований к энергосбережению и экологической безопасности, потребовали незамедлительного их решения, в том числе и за счет создания новых теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных композитов, в том числе технологий их производства и применения [1...10].

Одним из перспективных способов повышения физико-механических характеристик строительных материалов является производство ограждающих конструкций с вариатропной структурой, получаемой в период формования на производственных линиях, за счет различных технологических приемов (рис. 1) [11]:



Рисунок 1 - Технологические приемы получения ячеистых бетонов вариатропной структуры

Получение стеновых изделий формированием вариатропных структур позволяет значительно повысить эксплуатационные свойства теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных конструкций без повышения их материалоемкости и технологических затрат. Также с появлением новых способов поризации ячеистобетонного массива и сочетанием известных способов поризации стало возможным формирование одно- и двухслойных стеновых изделий различной конфигурации и размеров [12].

В современном строительстве многослойные конструкции давно нашли широкое применение, поскольку это позволило значительно снизить массу ограждающих конструкций, а также повысить их эффективность по теплозащите [13], однако в качестве теплоизоляционного слоя в таких системах используются пенопласт, пенополистерол, пенополиуретан и др., что приводит к повышению трудоемкости процесса. Вопросы воздухоувлечения, водопоглощения, огнестойкости и долговечности в таких системах остаются проблематичными. Равноценными по термическому сопротивлению многослойным конструкциям являются однослойные ячеистобетонные конструкции вариатропной структуры, которые принципиально отличаются от многослойных конструкций плавным изменением средней плотности материала по рабочему сечению изделия, отсутствием резкой границы между слоями и отсутствием нарушения сплошности изделия, а перераспределение средней плотности по сечению массива повышает сопротивление теплопередаче. Во избежание отслоения менее плотной части при нагружении целесообразно создание вариатропной структуры с плавным изменением плотности при коэффициенте вариатропности 0,2...0,5 [14].

Одним из способов получения вариатропной структуры является прикатка горбушки в период созревания газобетона. Прикатка может производиться в двух случаях:

- если есть возможность отказаться от технологической операции срезки и удаления «горбушки»;
- для получения эффективных вариатропных изделий, характеризующихся переменной плотностью с заданными параметрами.

Процесс изготовления изделий переменной плотности состоит из следующих технологических операций:

- заливка газобетонной смеси в заранее подготовленную форму;
- выдержка до вспучивания и схватывания;
- уплотнение жестким валом.

Уплотнение жестким валом, которым без проскальзывания прокатывают по бортам формы и «горбушке», выступающей над бортами формы, обеспечивает одностороннее уплотнение газобетона на высоту по сечению 5...7 см. Уплотнение производят при структурной прочности бетона 0,02...0,05 МПа. Средняя плотность поверхностного слоя ячеистого бетона достигает 1100...1300 кг/м³ и убывает до исходной на расстоянии 2...6 см от прокатанной поверхности, а теплопроводность уплотненного слоя на 7...10 % выше, чем основного, но при этом обеспечивается надежная защита со стороны внутренней поверхности стены (наиболее плотной) от испаряющейся эксплуатационной влажности в помещении [14...16].

Получены газобетонные изделия в индивидуальных формах «под крышкой» способом автофреттажа, сущность которого заключается в том, что часть газобетонной смеси готовят со строго отдозированным количеством компонентов, при этом общая масса на 5 % меньше массы формируемого изделия, а расчетное количество газообразователя увеличивается на 10 %. Смесь заливают в форму, которую сразу же закрывают жесткой крышкой, прикрепленной к форме. Повышенная прочность ячеистого бетона обеспечивается за счет того, что вспучивающаяся смесь заполняет объем формы, в которой развивается внутреннее давление, которое уплотняет поровую структуру, а через отверстие в форме выдавливается избыточная вода [17].

Преимуществом данной технологии является высокая стабильность плотности ячеистого бетона, прочности, деформативности, теплопроводности и других свойств и исключается повышенный разброс физико-механических показателей по объему материала.

Автофреттаж не исключает возможности применения прикатки «горбушки», для чего используют форму с крышкой, имеющей коробчатое сечение. После схватывания смеси и снятия крышки валиком прикатывают возвышающийся над бортами формы слой из неотвердевшего ячеистого бетона.

Эффективным также является способ получения вариатропных изделий за счет выдавливания части воды затворения из поверхностного слоя формируемого изделия. При этом способе вспучивающаяся смесь доходит до перфорированной крышки, внутренняя поверхность которой покрыта фильтрующим материалом, например, мешковиной, и развивающееся внутреннее давление начинает выдавливать воду через перфорацию в крышке, что приводит к уплотнению поверхностного слоя изделия. Недостатками этого способа являются дополнительные операции с крышками (чистка, смазка, установка на форму, крепление к

форме, съемка, складирование), увеличение металлоемкости процесса, трудо- и энергозатрат, загруженности крана, потребности в производственных площадях [17].

Способ получения газобетонных изделий с форсированным режимом порообразования как по сечению изделия, так и по периферии заключается в том, что изделия формируются в закрытой форме с отдельными небольшими отверстиями в её верхней и боковых гранях, а за счет избыточного давления 0,05...0,1 МПа, появляющееся в период газовыделения в закрытой форме, происходит самоуплотнение образцов по периферии [18].

При создании вариатропной поровой структуры установлено, что для создания слоев из газобетона различной плотности необходимо создать специальную опалубочную систему, а также применить режимы изготовления конструкций, обеспечивающие слитную структуру и однородный по высоте бетон. Предложена трехслойная конструкция, где каждый слой выполняет свои функции: защитную, теплоизоляционную и несущую [19].

Предложено использовать различные типы бетонов для создания вариатропной поровой структуры. Каждый тип бетона, имея свою среднюю плотность, плавно переходит в другой тип бетона, тем самым создавая различную пористость по сечению. Сцепление слоев различной плотности зависит от технологических приемов формования и от плавности перехода бетонов в контактной зоне [20].

Также для создания вариатропной структуры используется метод объемного прессования, при котором происходит уплотнение изделия за счет отжима свободной воды [21].

Разработан бетон с вариатропно-каркасной структурой за счет введения пропиточной композиции и свинцовой дроби с диаметром зерен 8 мм, которая служит наполнителем. В качестве вяжущего использованы сера, наполнители – барит, ферроборовый шлак, ангидрит, кварцевый песок, сажа [22].

Таким образом, на сегодняшний день существует много способов создания вариатропной структуры газобетона и однослойных ограждающих конструкций из ячеистого бетона, каждый из которых имеет как преимущества, так и недостатки, поэтому для устранения существующих недостатков необходимо проводить дальнейшие исследования по разработке оптимальных технологических условий и приемов создания ячеистых бетонов вариатропной структуры.

Список литературы:

1. Сулейманова Л.А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9-16.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А. Обобщенный анализ характера поровой структуры газобетонов неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 75-79.
3. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Белгород, 2013. 39 с.
4. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Коломацкая С.А., Сулейманов К.А. Энергоэффективные технологии газобетона для зеленого строительства // В сб.: Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозный, 2015. С. 142-148.
5. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кондрашев К.Р., Шорстов Р.А. Энергоэффективные пористые композиты для зеленого строительства // В сб.: Научные технологии и инновации: Юбилейная Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 354-359.
6. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сб.: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов. Белгород, 2014. С. 218-220.
7. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // В сб.: Поробетон - 2005 Международная научно-практическая конференция. Сборник докладов. 2005. С. 6-16.
8. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A., Lukutsova N.P. Energy efficient technologies of production and use non-autoclaved aerated concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 5. С. 12399-12406.
9. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пириев Ю.С. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 73-83.
10. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих Белгород, 2013. 304 с.

11. Завадский В.Ф. Варианты стеновых конструкций с применением эффективных утеплителей. Новосибирск: НГАСУ, 2001. 52 с.
12. Завадский В.Ф. Перспективные технологические направления производства стеновых изделий из ячеистых бетонов // Повышения качества материалов дорожного и строительного назначения. Сб. научных трудов. Омск, СибАДИ, 2001. С. 12-15.
13. Чернов А.Н. Ячеистые бетоны без утеплителей [Текст] / А.Н. Чернов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. 11 с.
14. Данилов Б.П., Богданов А.Л. Ограждающие конструкции из ячеистого бетона переменной плотности. М: Стройиздат, 1973. 102 с.
15. Чернов А.Н., Кожевников Л.П., Хмелев С.В., Царков В.В., Данилюк М.А., Моисеев Е.И., Степанов З.А. Технология ячеистобетонных изделий с уплотненным поверхностным слоем // Строительные материалы. 1983. №8. С. 12-13.
16. Курбатов В.Л. и др. Энергоресурсосберегающие многослойные конструкции стеновых блоков // Известия вузов. Строительство. 1994. №9. С. 4-9.
17. Завадский В.Ф. Комплексный подход к решению проблемы теплозащиты стен отапливаемых зданий // Строительные материалы. 1999. №2. С. 7-8.
18. Хихлуха Л.В. Ресурсосбережение при строительстве и реконструкции жилья // Строительные материалы. 1995. №5. С. 2-3.
19. Булавин В.А. Газобетон для монолитных ограждающих конструкций с вариатропной поровой структурой: дис. ... канд. тех. наук. Ростов-на-Дону, 2003. 145 с.
20. Корнев Е.С. Двухслойные стеновые изделия из бетонов различной плотности: дис. ... канд. тех. наук. Новосибирск, 2009. 142 с.
21. Бегляров А.Э. Эффективные стеновые монолитно-слоистые изделия объемного прессования: дис. ... канд. тех. наук. М., 2011. 134 с.
22. Королева О.В. Структура и свойства радиационно-защитных серных бетонов вариатропно-каркасной структуры: дис. ... канд. тех. наук. Пенза, 2007. 256 с.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Климова Е. В., канд. техн. наук, доцент,
Семейкин А. Ю., канд. техн. наук, доцент,
Хлусова В. П., аспирант,
Рыжиков Е. Н., аспирант**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Строительство занимает первое место среди других отраслей промышленности по числу производственных травм. На уровень производственного травматизма влияет большое количество различных факторов, среди которых: разнообразие выполняемых работ, текучесть кадров и часто низкая квалификация работников. Применение экспертной информационно-аналитической системы управления профессиональными рисками позволит осуществлять многофакторный анализ различных показателей в режиме реального времени, осуществлять микро обучение, экспресс-тестирование и оценку компетентности персонала, что эффективно отразится на уровне производственной безопасности.

Ключевые слова: производственный травматизм, строительство, причины, профессиональный риск, информационная система, микрообучение, экспресс-тестирование, оценка компетентности персонала.

В строительстве наблюдается самый высокий уровень производственного травматизма среди других отраслей промышленности [1, 2, 8].

Несмотря на лидирующие позиции, с 2000 года в строительстве присутствует уверенная тенденция к снижению производственного травматизма, о чем свидетельствуют такие показатели как численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день более и численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с летальным исходом (рис. 1) [2, 5, 8].

Основными причинами производственного травматизма в строительстве является: падение работников с высоты – 24% от общего числа несчастных случаев; воздействие движущихся и вращающихся предметов, деталей, машин – 22%; транспортные происшествия – 14%,

падение предметов с высоты, обвалы земли, обрушение, падение предметов и материалов – 11%, другие виды происшествий – 29% (рис. 2) [4, 8].

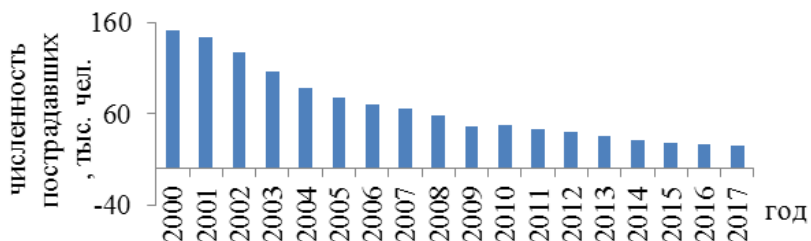


Рисунок 1 - Динамика производственного травматизма в строительстве за 2000 – 2017 гг.

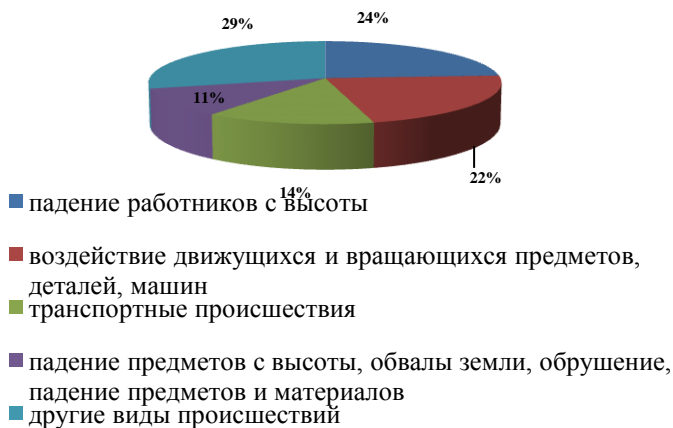


Рисунок 2 - Причины производственного травматизма в строительстве

В общем виде причины производственного травматизма в строительстве классифицируются по 3 основным направлениям:

– организационные – заключаются в неправильной организации работ на строительной площадке, недостаточной обученности и подготовленности рабочих, отсутствие необходимого контроля за

выполнением работ, не соблюдении технологии производства, нарушении режима труда и отдыха;

– технические – неисправное состояние приспособлений и инструментов, конструктивные недостатки машин, механизмов, грузозахватных средств, строительных конструкций и оборудования;

- психофизиологические и другие – недостаточное внимание к выполнению работы, ослабление контроля рабочих за своей деятельностью вследствие своего психологического состояния [4, 15].

С целью снижения производственного травматизма в строительстве мы предлагаем использование экспертных информационно-аналитических системы управления профессиональными рисками (рис. 3) [10, 11, 12, 14].

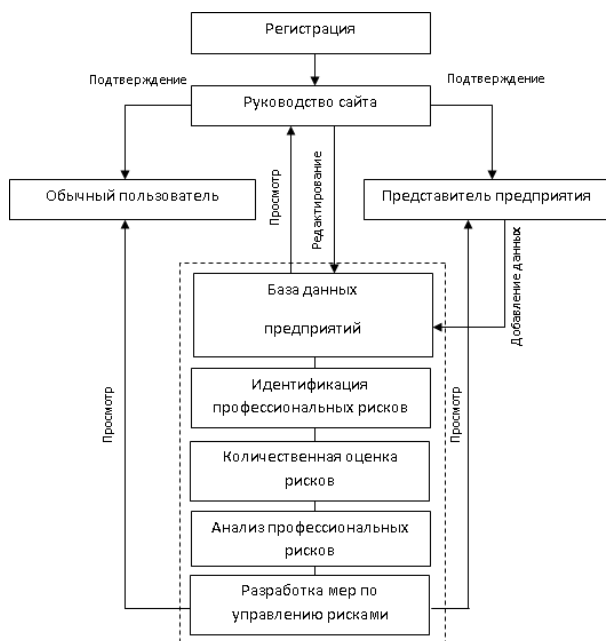


Рисунок 3 - Функциональная схема экспертной информационно-аналитической системы управления профессиональными рисками

Данная система эффективна тем, что она включает в себя многофакторный анализ различных показателей, оказывающих влияние

на уровень производственный травматизм в режиме реального времени, что особенно актуально для строительства, где присутствует большое количество вредных и опасных производственных факторов, разнообразие выполняемых работ, текучесть кадров и часто низкая квалификация работников.

Составной частью экспертной информационно-аналитической системы управления профессиональными рисками является модуль микрообучения, экспресс-тестирования и оценки компетентности персонала. Модуль включает в себя базу данных мультимедийного контента:

– база контрольно-измерительных материалов (тестовые задания, разработанные на основе должностных инструкций, инструкций по ОТ, результатов расследования НС, наиболее типичных производственных ситуаций);

– 3D модели и схемы реальных происшествий для проведения обучения работников и оценки правильности их решений по предложенным ситуациям);

– алгоритм оценки компетентности работника в вопросах охраны труда).

Функциональная схема экспертной информационно-аналитической системы управления профессиональными рисками позволит усовершенствовать систему управления охраной труда в строительстве [3, 6, 7, 9, 13].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 18–47–310002.

Список литературы:

1. Лубенская О.А., Климова Е.В., Храмцов Б.А., Ростовцева А.А. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 140-144.
2. Ястребинская А.В., Едаменко А.С., Дивиченко И.В., Матвеева Л.Ю. К вопросу о производственном травматизме в горнодобывающей отрасли на примере Белгородской области // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 273-279.
3. Климова Е.В., Рыжиков Е.Н. Снижение производственного травматизма путем совершенствования системы управления охраной труда // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2017. № 1. С. 41-51.
4. Едаменко А.С. Анализ причин травматизма в строительном комплексе // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по

- матер. XXVI междунар. науч.-практ. конф. № 9(22). Новосибирск: СибАК, 2013.
5. Климова Е.В., Калатоzi В.В., Рыжиков Е.Н., Калатоzi Э.К. Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 100-104.
 6. Пушенко С.Л. Риски как механизм повышения эффективности управления охраной труда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия.: Строительство и архитектура. 2013. Выпуск 34(53). С. 129–136.
 7. Causes and circumstances of accidents at work in the EU. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/53621/53703/Full-Publication%5BEN%5D-WO.pdf/6e90be02-c41e-43d6-87d4-68a4a7899ad1> (дата обращения: 15.11.2018)
 8. Ястребинская А.В., Едаменко А.С., Дивиченко И.В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 100–105.
 9. Выродов О. С. Разработка автоматизированных систем мониторинга профессиональных рисков и условий труда для повышения безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: сб. науч. ст. Кемерово, 2013. С. 142–145.
 10. Семейкин А.Ю., Хомченко Ю.В. Система мониторинга и аудита состояния условий и охраны труда в Белгородской области // Технологии техносферной безопасности: интернет журнал. Вып. 5 (45). 2012. 5 с. <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-5.0421100050/0083>.
 11. Носатова Е. А., Семейкин А. Ю. Влияние условий труда работников горной отрасли на формирование производственного травматизма и профзаболеваний // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2018. №1. С. 102–112.
 12. Klimova E V, Semeykin A Yu 2018 Reducing the risk of the collapse of the soil by macro system modeling the slopes stability of the quarries // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 115 012030
 13. Климова Е. В., Калатоzi В. В., Рыжиков Е. Н. Проблемы эффективного управления профессиональными рисками // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 270–273.
 14. Солод С. А., Новиков В. В., Чапова С. С. Применение экспертных систем в системе управления безопасностью труда на предприятиях машиностроения // Вестник ДГТУ. 2010. Т.10. № 3(46). С. 410–416.
 15. Viktoriya P. Khlusova, Elena V. Klimova 2017 Analysis of traumatism in the sphere of construction and ways Of his reduction // Zbornik radova Visoka tehnička škola strukovnih studija – niš

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ БИЛЛИНГОВОЙ СИСТЕМЫ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Козлюк А.Г., канд. экон. наук, доцент,
Рябчевский И.С.

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Стоимость и качество услуг жилищно-коммунального комплекса – основные характеристики обеспечения стабильности и устойчивого развития национальной экономики, напрямую влияющие на уровень и качество жизни всех ее граждан. Поскольку отсутствие адекватной информации не позволяет реализовывать на практике основные принципы программно-целевого подхода к управлению ЖКХ, внедрение современных информационных технологий (ИТ) позволяет создать совершенно новую систему управления ЖКХ, а также систему регламентированного взаимодействия с органами исполнительной власти.

Ключевые слова: биллинг, ЖКХ, коммунальные услуги, управляющие компании, потребители коммунальных услуг

В основе биллинга ЖКХ лежит информационная система (ИС), которая позволяет преодолеть разрыв между уже относительно развитой нормативной базой и правовой практикой, а также повысить качество принимаемых решений, социальную защищенность населения и усилить контроль за жилищно-коммунальной сферой деятельности (рис. 1) [1].

ИС ЖКХ обеспечивают повышение оперативности поступления на диспетчерский пункт текущей информации о состоянии объектов с целью быстрого реагирования на проблемные ситуации.

Большинство современных ИС ЖКХ включают в себя полный набор средств обслуживания пользователей, включая систему управления базами данных (СУБД). В этом случае используется трехуровневая архитектура (клиент – сервер приложения – сервер баз данных(БД)) (рис. 2), которая делает систему масштабируемой и гибкой [2].

При существующей схеме расчетов через муниципальный расчетно-кассовый центр, в общем случае, деньги задерживаются или теряются по пути от потребителей к ресурсоснабжающим организациям. Управляющие компании и расчетно-кассовые центры, включенные в цепь расчетов, объективно не заинтересованы в 100-процентном

доведении денег до производителей коммунальных ресурсов. И наоборот, производители ресурсов сосредоточены на том, чтобы расчеты прошли с минимальными транзакционными потерями. Участие администрации является целесообразным, так как именно глава администрации, согласно Федеральному закону № 131 является лицом, ответственным за оказание ЖКУ [3].

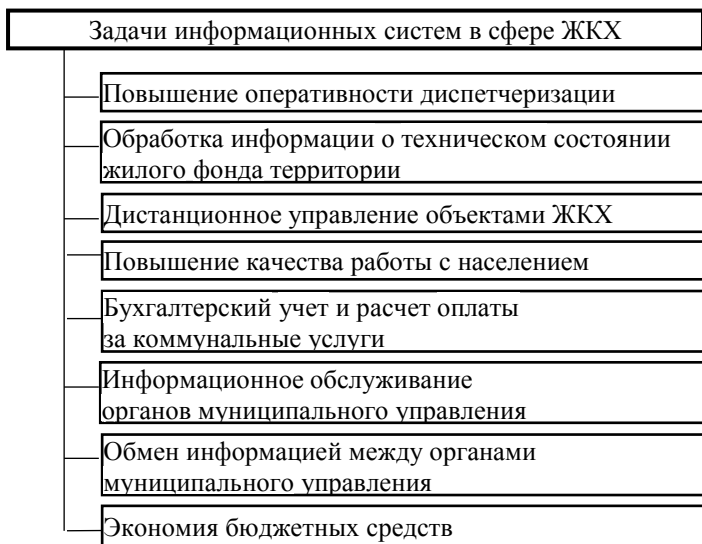


Рисунок 1 - Задачи ИС в сфере ЖКХ

В рамках агентского договора совместно созданный расчетно-кассовый центр производит расчеты за все ЖКУ, осуществляет прием, расщепление и транзит платежей управляющим компаниям, обеспечивает снятие показаний приборов учета и доставку квитанций. В этом случае платежи производятся потребителями по единой квитанции. Данная форма организации комплекса платежей обеспечивает правовую основу для их расщепления и транзита пропорционально уровню сбора. Прозрачность информации о движении денежных средств для ресурсоснабжающих организаций и управляющих компаний обеспечивает отсутствие злоупотреблений в форме временного отвлечения средств, перераспределений денег между отдельными участниками за счет других, хищений [4].

В предлагаемой схеме обеспечивается восстановление обратных связей, ликвидированных в соответствии с Правилами № 354, косвенно основанных на законных основаниях. При этом единая квитанция поможет эффективно бороться с неплательщиками только в том случае, когда ключевые коммунальные услуги будут предоставляться через управляющие компании. В случае заключения индивидуальных договоров с потребителями напрямую отключение электроэнергии за неуплату других услуг становится невозможным.

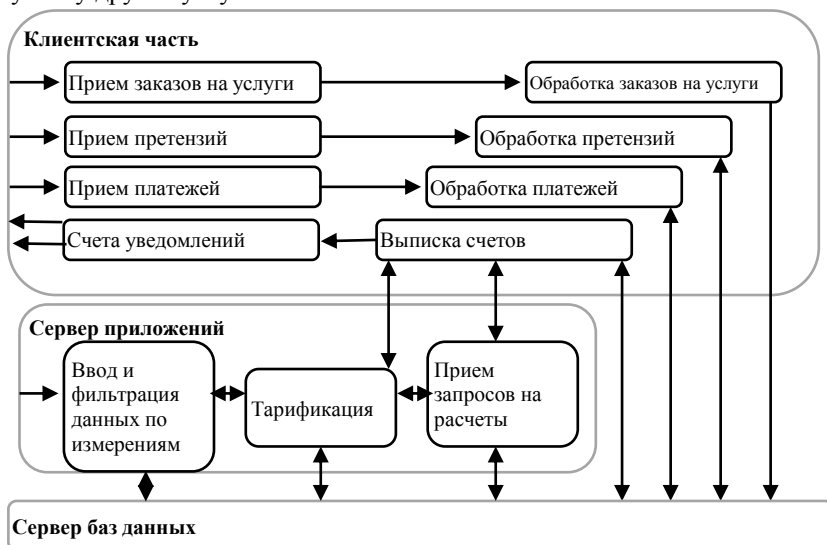


Рисунок 2 - Информационные процессы в ИС ЖКХ

Биллинг – это автоматизированная система учёта предоставленных услуг, их тарификации и выставления счетов для оплаты.

Биллинговая система обеспечивает полную обработку информации: учет объема коммунальных ресурсов, формирование квитанций со штрих-кодом на оплату ЖКУ, учет платежей от населения и юридических лиц.

В основу автоматизированного биллингового сервиса входит собственный вычислительный интернет-ресурс, периодически обновляемый в связи с ростом потребностей пользователей, а также изменений в законодательстве ЖКХ.

Также перед управляющими и снабжающими организациями, ЖКХ и др. на сегодняшний день стоят главные задачи, решение которых при помощи биллинга становится достаточно успешным:

- управляющие компании постоянно взаимодействуют с клиентами и непрерывно осуществляют контроль;
- поддерживается абонентский отдел со множеством клиентов с разными объемами использования услуг в сфере ЖКХ;
- обеспечиваются точные расчеты использования энергетических ресурсов и иных услуг в сфере ЖКХ;
- накапливается и хранится информация, обеспечивающая взаимодействие с должниками;
- копяты и сохраняются сведения для составления периодических отчетов и анализа эффективности ведения бизнеса.

Коммунальная биллинговая система открывает основные возможности:

Во-первых, с промышленной системой обеспечивает принципиально новый уровень прозрачности рынка жилищно-коммунальных услуг. В результате автоматизации финансовые потоки участников расчетов становятся прозрачными.

Во-вторых, коммунальная биллинговая система способна обеспечить кратное снижение затрат производителей и поставщиков на обслуживание розничных потребителей. Например, у некоторых поставщиков расходы на сбыт и работу с потребителями составляют 13-15% от выручки.

В-третьих, строгое разделение функций расчетного центра и службы заказчика там, где оно проводится последовательно и квалифицированно, приводит к снижению финансовых потерь. Посредники лишаются возможности произвольно манипулировать денежными средствами поставщиков.

И, наконец, в-четвертых, коммунальная биллинговая система ведет персональный учет задолженности по оплате и открывает новые возможности для работы с должниками.

Проведенный анализ затрат на услуги биллинга по предлагаемой схеме показывает, что их величина не превышает 3% от суммы начислений (при 100-процентном уровне оплаты) [5].

Список литературы:

1. Аверченков, В.И. Системы организационного управления / В.И. Аверченков, В.В. Ерохин. – Брянск: БГТУ, 2006. – 208 с.

2. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации».
3. Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов».
4. Козлюк А.Г. Функционирование ЖКХ в современных условиях/ Белгород – БелГТАСМ, 2002 – 42 с.
5. Чаадаев В. К. Проблемные зоны взаимодействия между участниками рынка коммунальных услуг при отсутствии оператора коммерческого учета // Современные научные исследования и инновации. 2015 г. № 7–3 (51).

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ*

Косухин М.М., канд. техн. наук, профессор,
Косухин А.М., ст. преподаватель,
Ковалева К.А., магистрант,
Горбунова А.В., магистрант
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

Аннотация. Представлен краткий анализ развития жилищно-коммунального хозяйства России, позволяющий сделать выводы о современном состоянии отрасли. Показано, что на сегодняшний день она находится в катастрофическом состоянии. Необходим комплекс действенных мер руководства страны по выводу отрасли из кризисного состояния. Для оценки сложившейся ситуации необходим детальный анализ, как в целом отрасли, так и ее подотраслей специалистами-профессионалами. Для решения стоящих перед отраслью задач необходимо провести разгосударствление, разработать конкретную нормативно-правовую базу, механизмы привлечения в отрасль высококвалифицированных специалистов. Обеспечить контроль обоснованности уровня тарифов на жилищно-коммунальные услуги и исключить посредников в лице управляющих компаний по оплате за реально потребляемые коммунальные ресурсы.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, реформирование ЖКХ, жилищный фонд, жилищно-коммунальные услуги, ветхость и аварийность основных фондов, моральный и физический износ, приборы учета, капитальный ремонт.

На сегодняшний день определение городское хозяйство (жилищно-коммунальное) – это комплекс подотраслей, обеспечивающий функционирование инженерной инфраструктуры различных зданий населенных пунктов, создающий удобства и комфортность для проживания и нахождения в них граждан путем предоставления им широкого спектра жилищно-коммунальных услуг [1].

На современном этапе социально-экономических реформ проблемы стабилизации и повышения уровня и качества жизни населения стали центральными. От их решения во многом зависят направленность и темпы дальнейших преобразований, и, в конечном счете, политическая стабильность в обществе. Сегодня ЖКХ в регионах испытывает трудности и сильно отстает от современных требований.

Одна из основных причин этого является нехватка средств, выделяемых из бюджетов всех уровней, а также повсеместные неплатежи и несвоевременная оплата жилищно-коммунальных услуг населением [2].

Задача создания эффективной системы финансирования сферы жилищно-коммунальных отношений требует особого внимания. В значительной мере организация функционирования жилищно-коммунального хозяйства входит в сферу ведения местного самоуправления и напрямую влияет на уровень и качество жизни большинства жителей муниципальных образований. В настоящее время эта сфера отношений является источником постоянного социального напряжения и социальных конфликтов, связанных со следующими причинами:

- высокой изношенностью и низкой энергоэффективностью жилищного фонда и коммунальных сетей;

- непрозрачностью процедур установления тарифов на услуги ресурсоснабжающих организаций, слабым распространением практики установления индивидуальных для каждого дома размера платы за жилое помещение;

- слабым развитием конкуренции на рынке управляющих организаций, низким качеством услуг, предоставляемых ими населению, наряду с высокой стоимостью этих услуг;

- насаждением одной организационно-правовой формы объединения собственников – товариществ собственников жилья, наряду с неэффективным функционированием ТСЖ, обусловленным, в том числе, повсеместной пассивностью и низкой правовой грамотностью собственников, а также распространенными злоупотреблениями недобросовестных должностных лиц, стремящихся к подмене реальных ТСЖ их фиктивными аналогами [3].

При этом муниципальные образования не только не имеют реальных финансовых возможностей для решения этих проблем, но и достаточных возможностей по организации надлежащего контроля и регулирования в данной сфере.

Принципиального решения требуют вопросы высокого износа основных фондов коммунальной инфраструктуры и низкого качества обслуживания многоквартирных домов, что соответственно влечет падение качества и комфорта проживания в них граждан. Безусловно имеется положительный эффект от деятельности Фонда содействия реформированию ЖКХ, за счет средств которого и средств

консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации в основном и осуществляется капитальный ремонт многоквартирных домов. Вместе с тем такой капитальный ремонт осуществляется в минимально-необходимых объемах. При этом зачастую не ставится задача повышения уровня эффективности использования ресурсов, снижения потерь и повышения уровня благоустройства дома при проведении его ремонта. В результате отремонтированные многоквартирные дома не соответствуют современным требованиям [4].

В целях выхода из сложившейся ситуации Распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.02. 2010 № 102 -р утверждена концепция федеральной целевой программы «Комплексная программа модернизации и реформирования жилищно-коммунального хозяйства на 2010-2020 годы». В данной Концепции определены основные цели, и приоритетные направления реформирования ЖКХ:

- обеспечение к 2020 году собственников многоквартирных домов коммунальными услугами нормативного качества и по доступной цене;

- совершенствование конкурентных отношений в сфере управления и обслуживания жилищного фонда (создание ТСЖ и управляющих организаций);

- развитие управления имущественным комплексом коммунальной сферы на основе частно-муниципально-государственного партнерства, концессионных соглашений (вовлечение бизнеса);

- перевод льгот и субсидий по оплате жилья и коммунальных услуг в денежную форму (монетизация льгот);

- развитие системы ресурсо- и энергосбережения (приборы учета) [5].

Однако сама федеральная целевая программа до сих пор не принята. Требуются серьезные изменения характера общественных отношений в сфере коммунального хозяйства. Видится целесообразным инициировать целевой государственный заказ на проекты модернизации инфраструктуры, в том числе распространение механизмов государственных гарантий инвестиций в инфраструктуру муниципальных образований и в межмуниципальные инфраструктурные проекты [6].

Необходимо также отметить, что в настоящее время не определены механизмы дальнейшей, после завершения сроков работы Фонда, государственной поддержки собственников помещений в проведении

капитальных ремонтов многоквартирных домов и модернизации коммунальной инфраструктуры муниципальных образований [7].

Отсюда следует, что отдельного внимания требуют вопросы межбюджетных отношений. Например, при формировании бюджета субъекта Российской Федерации на очередной финансовый год в расчетах потребности муниципального образования в финансовых средствах, расходы на капитальный ремонт муниципального имущества не принимаются во внимание. Доходы от сдачи такого имущества в аренду учитываются в общей сумме доходов бюджета муниципального образования, которые направляются на финансирование расходов (на содержание учреждений, благоустройство и иные учтенные в расчете мероприятия), утвержденных в соответствии с нормативами минимальной бюджетной обеспеченности.

Аналогичное внимание требуется уделить при решении вопроса о ремонте другого муниципального имущества в сфере ЖКХ: теплотрасс, котельных и водопроводов, так как в структуре действующих тарифов соответствующие средства в достаточном объеме не предусматриваются [8].

Другой проблемой, не способствующей полноценному финансовому обеспечению полномочий муниципалитетов в сфере ЖКХ, является действующая методика анализа финансовых потребностей муниципальных образований в целях выравнивания бюджетной уровня их расчетной обеспеченности. Указанная методика не учитывает фактический рост цен и тарифов на коммунальные услуги, которые занимают в расходах муниципальных учреждений второе место после заработной платы. Рост тарифов на коммунальные услуги по теплу и электрической энергии значительно превышает прогнозируемый рост тарифов, рассчитанных по этой методике. Данная методика содержит понижающие коэффициенты к утвержденным нормативам по ряду расходных полномочий. Например, при применении понижающих коэффициентов по капитальному ремонту муниципального жилищного фонда нормативные расходы уменьшаются на 55%, а по капитальному текущему ремонту дорог и их содержанию на 95% [9].

Таким образом, муниципальное имущество невозможно отремонтировать за счет средств местного бюджета, что входит в противоречие с обязанностью собственника проводить капитальный ремонт муниципального имущества.

Следующей проблемой, препятствующей эффективному развитию сферы ЖКХ, является непрозрачность процедур установления тарифов

на услуги ресурсоснабжающих организаций, что вызывает необоснованный рост стоимости коммунальных услуг в целом и существенно превышающий темпы роста доходов граждан. В совокупности со слабым развитием конкуренции на рынке управляющих организаций данное обстоятельство порождает низкое качество жилищно-коммунальных услуг, предоставляемых населению, и сопровождается высокой стоимостью этих услуг. Еще одной важной проблемой при реализации полномочий муниципалитетов является отсутствие действенного контроля со стороны муниципальных образований за деятельностью организаций, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание общего имущества в многоквартирном доме, что является следствием отсутствия у муниципалитетов реальных рычагов влияния на эти организации.

В то же время, проблемы ЖКХ сегодня невозможно решить только за счет финансовых ресурсов бюджетов всех уровней. Государственно-муниципально-частное партнерство является важным инструментом развития муниципальной, прежде всего, жилищно-коммунальной инфраструктуры.

Важнейшим условием для развития жилищно-коммунальной инфраструктуры муниципальных образований является привлечение в нее частных инвестиций. Развитие государственно - муниципально-частного партнерства на территории муниципальных образований требует объединение усилий органов власти всех уровней.

На федеральном и региональном уровне должны быть приняты соответствующие законы и подзаконные акты, разработаны и внедрены программы, стимулирующие сотрудничество между муниципальными образованиями и бизнесом [10].

В заключении можно сделать вывод о том, что существенной составляющей данных программ должно стать обучение выборных должностных лиц местного самоуправления и муниципальных служащих. Информирование органов местного самоуправления о круге потенциальных инвесторов, о технологиях работы с ними, опыте других муниципалитетов по реализации инвестиционных проектов. Создание общедоступных баз инвестиционных предложений и проектов, методическая поддержка органов местного самоуправления в данной сфере, как на этапе подготовки инвестиционных предложений, так и на этапе их реализации. Общественные организации и объединения муниципальных образований также могут внести значительный вклад в процесс развития публично-частного партнерства на местном уровне.

**Статья подготовлена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Кириллова Д.И. Проблемы в сфере жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения // Молодой ученый. 2014. №14. С. 162-163.
2. Косухин М.М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 48-54.
3. Формы территориального общественного самоуправления в сфере ЖКХ / Г.Г. Голиков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 12. С. 362-365.
4. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M. The Energy-Efficient Facade Systems for Civic Buildings // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies «Far East Con» 2018.IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 042036 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/463/4/042036.Ч.3.
5. Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2010 № 102-р «Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Комплексная программа модернизации и реформирования жилищно-коммунального хозяйства на 2010 - 2020 годы»».
6. Графов А.А. Направления совершенствования жилищно-коммунального хозяйства на основе инноваций // Экономика и управление. 2010. № 2.
7. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M., Komarova K.S. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems // International Conference on Energy Systems- 2007 (ICES 2017) IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1066 (2018) 012012 doi:10.1088/17426596/1066/1/012012.
8. Косухин М.М., Скороходов К.Р., Косухин А.М., Богачева М.А. Роль состояния жилищно-коммунального комплекса в обеспечении устойчивого развития муниципальных образований Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №11. С. 212-218.
9. Коломейцев А.В. Сертификация – эффективный инструмент управления в современных условиях реформирования и модернизации ЖКХ // Основные проблемы и механизмы реализации подпрограммы «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры»: материалы научно-практической конференции. Ярославль, 2008.
10. Экономические методы управления жилищно-коммунальным хозяйством в регионе / И.В. Чеченина // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. 2009. № 1. С. 83-87.

ПРОБЛЕМА ИЗНОСА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА*

**Косухин М.М., канд. техн. наук, профессор,
Косухин А.М., ст. преподаватель,
Горбунова А.В., магистрант,
Ковалева К.А., магистрант**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова*

Аннотация. Представлен краткий анализ технического состояния систем жизнеобеспечения страны. Показано, что сегодня они находятся в катастрофическом состоянии, от которого зависит дальнейшее благосостояние в развитии народонаселения. Необходим комплекс действенных мер по выводу отрасли из кризисного состояния. Для приведения коммунальных систем в удовлетворительное состояние необходим детальный анализ их технического состояния специалистами-профессионалами. Отмечено, что инженерные сети нуждаются в проведении масштабной реконструкции. Главная роль в решении этого вопроса отводится капитальному ремонту. Неотъемлемой частью стоящей проблемы является разработка отечественных ремонтно-строительных материалов и технологий, отвечающих современным требованиям и условиям эксплуатации инженерных систем и сооружений.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, ветхость и аварийность коммунальных систем, моральный и физический износ, ремонтные составы для внутренних железобетонных поверхностей, капитальный ремонт, санация, реновация.

Жилищно-коммунальное хозяйство выполняет самую важную функцию жизнеобеспечения граждан. Значителен вес этой сферы в экономике страны. Успешно решать важнейшую для населения страны функцию может только эффективно функционирующая и динамично развивающаяся отрасль [1].

Жилищно-коммунальное хозяйство России формируется из совокупности многих сегментов, обеспечивающих работоспособность всей инфраструктуры, представленной на рис. 1.

Устройство работы жилищно-коммунального хозяйства в нашей стране все чаще дает сбои. С увеличением роста недвижимости в данной сфере появляются проблемы, которые затрагивают каждого домовладельца.

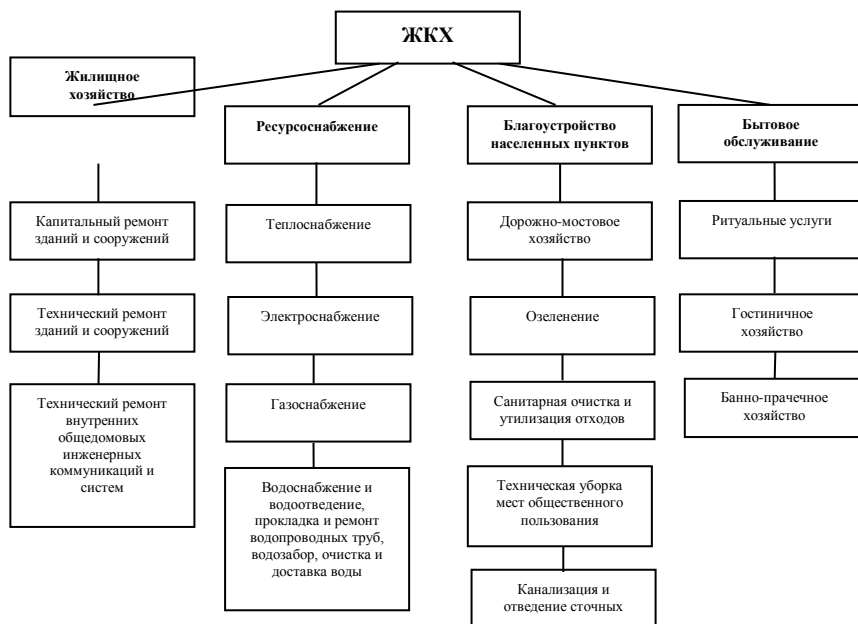


Рисунок 1 - Сегменты, составляющие жилищно-коммунальный комплекс

С появлением и ростом городов стало наблюдаться увеличение строительства нового жилья, вследствие этого возникла необходимость в усовершенствовании его обслуживания.

Любое современное здание в обязательном порядке обустраивается инженерными коммуникациями. Именно наличие данных сетей создает для человека требуемый уровень комфорта [2]. Поэтому важно поддерживать все составляющие системы ЖКХ в работоспособном состоянии.

Кризисное состояние жилищно-коммунального хозяйства сегодня стало одной из наиболее актуальных проблем. Однако из всего спектра проблемы выделяется высокая степень износа коммунальных инженерных сетей и сооружений.

Внутренние и наружные инженерные сети – значимая часть инфраструктуры страны, влияющая на качество жизни граждан и деятельность коммерческих организаций. Понятие «внутренние

инженерные сети и коммуникации» объединяет комплекс решений технического характера, которые позволяют обеспечить наиболее благоприятные условия пребывания для пользователей [3].

Если раньше вопрос об инженерных сетях в населенном пункте состоял в том, чтобы их воссоздать в ближайшее время, то в настоящий момент, вопрос сменился анализом влияний на инженерные сети природно-климатических изменений, долголетием коммуникаций, важностью и надобностью, а также решился вопрос, связанный с эстетичным видом.

Многие коммуникации нуждаются в модернизации, ремонте реконструкции для предотвращения аварийных ситуаций, в исправлении технологических нарушений, допущенных при строительстве. Все эти задачи требуют ответственных решений и высокого профессионализма работников [3].

Без исключения все типы инженерных сетей должны обеспечивать безопасность людей, своевременно поставлять потребителям электричество, воду, газ, прочие ресурсы и услуги. Первые инженерные сети возникли довольно давно, поэтому со временем пришли в непригодное состояние.

Износ коммунальной инфраструктуры на сегодняшний день составляет более 60%, около 25% основных фондов полностью отслужили свой срок. Износ инженерного оборудования достиг 73%, инженерных сетей - 65%. Надежность систем теплоснабжения в 2,5 раза ниже, чем в европейских странах. Ежегодно капитальному ремонту подвергается менее 1% сетей вместо минимально допустимых 3%. Количество технологических нарушений и аварий в работе коммунальных объектов выросло за последние 10 лет в пять раз.

Плановый ремонт инженерных сетей практически полностью уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на проведение которых в три раза выше, чем затраты на плановый и капитальный ремонт подобных объектов [4].

Например, каждый из нас пользовался, или же пользуется газом в быту, но не всякий имеет представление о том, как сложна и многогранна система газопровода, его строение, и как сложно поддержание газопроводов в стабильном не аварийном состоянии. Поэтому бесперебойная подача газа чрезвычайно важна. Одной из важнейших проблем развития газовой промышленности является повышение уровня эксплуатационной надежности газопроводов с целью поставки запланированных объемов газа [5]. Главная задача в транспортировке газа – обеспечение надежного функционирования

системы газопроводов за счет комплекса плановых мероприятий, в том числе ремонта.

Следовательно, необходимость исследования вопросов капитального ремонта с целью повышения безопасности при эксплуатации газопроводов является актуальной. Рассмотрим проблемы разработки, и использования новых методов ремонта газопроводов с экономией времени, ресурсов при сохранении подачи газа.

Ремонтные работы представляют собой совокупность мер по поддержанию газопроводов и других сооружений в состоянии технической готовности и по сохранению этими сооружениями необходимых эксплуатационных качеств [6]. Основное внимание работников газовых хозяйств должно быть сосредоточено на предупреждении аварий и поддержании газопроводов и оборудования в хорошем состоянии. Это достигается с помощью системы планово-предупредительного ремонта, который представляет собой комплекс периодически осуществляемых организационно-технических мероприятий по надзору и уходу за сооружениями, по проверкам оборудования и производству всех видов ремонта.

Прежде всего, технология ремонта должна быть универсальной и простой, обеспечивать массовый ремонт трубопроводов среднего и низкого давлений с повреждениями различного вида, а также необходимо, чтобы ремонт был выборочным и проводился без остановки эксплуатации газопроводов.

В настоящее время поддержание технического состояния газопровода выполняют традиционными методами капитального ремонта, которые ведутся на отключенном и полностью освобожденном от газа участке трубопровода, что требуют больших финансовых затрат.

Технология проведения выборочного метода ремонта на действующем газопроводе без остановки перекачки газа позволит снизить недопоставки газа потребителю, затраты на замену трубы, потери газа при опорожнении в атмосферу и потери газа при продувке газопровода [7].

Однако, выбирать стратегию ремонта газопровода следует с учетом обеспечения безопасности работ и охраны окружающей среды, бесперебойного снабжения потребителей газом. Необходимо найти разумное соотношение между затратами на техническое обслуживание и ремонт, уровнем надежности и эффективности функционирования газопровода.

С ростом городов, возведением многоэтажных и повышенной этажности зданий усложнилось их инженерное оборудование, возросли расходы на его содержание.

Именно поэтому первостепенное значение в эксплуатации зданий имеет своевременный контроль технического состояния, систематическая проверка исправности строительных конструкций и инженерного оборудования, позволяющий предотвратить преждевременный износ инженерного оборудования и здания в целом, обоснованно планировать и проводить профилактические мероприятия [8].

Таким образом, в заключении можно сделать вывод о том, что бесперебойное и качественное обеспечение жителей домов коммунальными услугами возможно только при условии надлежащего состояния внутридомовых инженерных коммуникаций и сетей, что в конечном итоге и выведет жилищно-коммунальное хозяйство из кризисного состояния домов и безопасно, комфортно пребыванию в них людей.

**Статья подготовлена в рамках Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

Список литературы:

1. Пугачева О. Н. Анализ состояния отрасли ЖКХ в кризисный период // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 5. С. 120-128.
2. Графов А.А. Направления совершенствования жилищно-коммунального хозяйства на основе инноваций // Экономика и управление. 2010. № 2. С. 157.
3. Косухин М. М. От истории создания до современного состояния и перспектив развития жилищно-коммунального хозяйства России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2016. №12. С. 48-54.
4. Косухин М.М., Косухин А.М. Водоотводящие инженерные сети в прошлом, настоящем и будущем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2017. № 6. С. 29-34.
5. Смирнова Ю.О., Бибилашвили А. Д. Энергоэффективность в жилищно-коммунальном хозяйстве // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 1. С. 242-250.
6. Косухин М.М., Константиновская Л. В. К вопросу о гидравлической совместимости ремонтных материалов в безнапорных трубопроводах при бестраншейной реновации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 37-40.
7. Шариков Р.Р. Экономическая эффективность применения методов ремонта газопроводов без остановки перекачки газа потребителю // В

- ж. «Территория Нефтегаз». 2009. (Сайт) URL: <http://rud.exdat.com/docs/index-754232.html>.
8. Kosukhin M.M., Kosukhin A M. The Energy-Efficient Facade Systems for Civic Buildings // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies «Far East Con» 2018.IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 042036 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/463/4/042036. Ч.3.

УСТОЙЧИВОСТЬ АРМИРОВАННЫХ ГРУНТОВ В ОТВАЛАХ, НАСЫПЯХ И ПОДПОРНЫХ СТЕНАХ

**Кочерженко В.В., канд. техн. наук, профессор,
Сулейманов А.Г., канд. техн. наук**
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Рассмотрены материалы по изучению статической работы армированного грунта в отвалах, насыпях и в подпорных стенах, способы определения размеров массива армированного блока в окружающем неармированном грунте. Определены теоретически необходимые длины анкерных полос в активной зоне скольжения грунта. В ходе исследования было выявлено, что при использовании армированного грунта возникает необходимость в антикоррозионном покрытии арматуры.

Ключевые слова: армированные грунты, оценка устойчивости грунта, подпорные стены, отвалы, насыпи.

Еще в древние времена в отечественной практике армирование грунта засыпки использовали для причальных и берегоукрепительных сооружений Архангельска, которые успешно эксплуатируются до сего времени. В этих сооружениях грунт засыпки на значительной ширине армировали слоями деревянной рейки – отходами лесопильных заводов. Началу современному применению армированного грунта было положено в 1966 г. французским инженером А. Видалем.

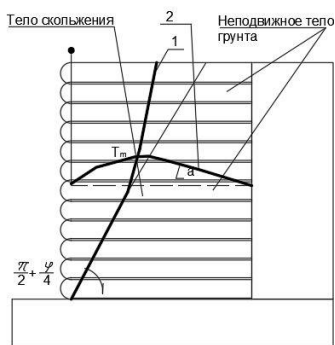


Рисунок 1 - Распределение растягивающих усилий вдоль анкерной полосы:

I – геометрическое место точек приложения максимальных растягивающих усилий; *2* – эпюра растягивающих усилий

Существует множество технологий и материалов, с помощью которых ведется армирование грунта. Один из наиболее эффективных и экономически оправданных – профессиональное применение геосинтетических материалов [1].

Стенки рассматриваемого типа принципиально отличаются от других подпорных и анкерных стенок тем, что на ограждение не воздействует полное давление грунта, поскольку значительная часть давления с помощью сил трения передается на анкерные полосы в активной зоне скольжения.

Распределение растягивающих сил вдоль анкерной полосы приведено на рис. 1.

Здесь кривая *I* геометрическое место точек приложения максимальных растягивающих усилий в каждой полосе. В точках приложения максимальных растягивающих усилий изменяется направление касательных сил вследствие неравномерности сил трения о грунт в зависимости от расположения полос в теле скольжения. Именно начиная с этих точек растягивающие силы при помощи сил трения начинают передаваться от анкерных полос неподвижному грунту и на краю анкерной полосы снижаются до нуля. Однако эта сила снижается также из-за показанной на рис. 1 волнистой линией ограждающей металлической облицовки. Проскальзывающая часть грунта, очевидно, так же, как и неподвижная часть, передает нагрузки на полосу на всем ее протяжении вплоть до ограждающей стенки, в результате чего последняя воспринимает только остаточное давление.

При применении растянутых анкерных полос грунт в направлении скольжения может воспринимать значительно более высокие касательные усилия с учетом анизотропности грунта.

Тот факт, что давление грунта (в качестве активного тела скольжения) передается с помощью сил трения непосредственно на анкерные полосы, позволяет назвать эту систему армированным грунтом. Нагрузка на анкерные полосы вследствие сил трения, создаваемых усилиями давления грунта, аналогична напряжениям сцепления в железобетоне. Поэтому подобно армированному бетону новый материал получил название армированный грунт.

Армированный грунт рассматривают, как массивный блок, размеры которого определяются длиной анкерных элементов. Длина полос (и соответственно протяженность тела) составляет обычно $B \geq 0,7 H$. Определение размеров массива армированного блока в окружающем неармированном грунте осуществляется посредством разделения в

расчетах устойчивости сооружения на внутреннюю и внешнюю. Общая устойчивость сооружения от различных факторов приведена на рис. 2.



Рисунок 2 - Факторы, влияющие на общую устойчивость сооружения из армированного грунта

В связи с тем, что внешняя устойчивость сооружения характеризуется запасом прочности грунта и устойчивостью блока на скольжение и опрокидывание, в обычном понимании здесь возникнуть не может, так как при увеличении внешних моментов происходят перемещения элементов блока. Поэтому эти виды устойчивости не вызывают сомнений и подробно не рассматриваются.

При рассмотрении внутренней устойчивости блока армированного грунта в виде массивного самонесущего тела рассмотрели стенку высотой 12,0 м.

При этом в расчетах приняли 2 вида насыпного грунта: песок ($\gamma = 1,9 \text{ т/м}^3$; $\varphi = 32^\circ$; $c = 0,03 \text{ кг/см}^2$) и суглинок ($\gamma = 1,75 \text{ т/м}^3$; $\varphi = 23^\circ$; $c = 0,25 \text{ кг/см}^2$). Грунт армирован металлической сеткой $d_s = 3 \text{ мм}$, при этом угол внутреннего трения грунта возрос до 48° ; $c = 0,20 \text{ кг/см}^2$,

согласно [2]. Расчет выполнили при равномерно-распределенной нагрузке $q = \text{const}$ ($3,0 \text{ т/м}^2$).

Таким образом, действующие нагрузки состоят из внешних сил, собственной массы, а для поверхности скольжения 1 еще добавляется давление грунта. Противодействующие силы состоят из сил трения грунта, растягивающих напряжений в армированной сетке (полосе), возникающих от сил трения сетки (нормальные силы), и теоретически возможных остаточных сдвигающих напряжений в сетке (поперечные силы), которые можно определить по формулам Мизеса, учитывающим перераспределение напряжений [3]. Расчетная схема подпорной стенки из армированного грунта при оценке внутренней устойчивости приведена на рис. 3.

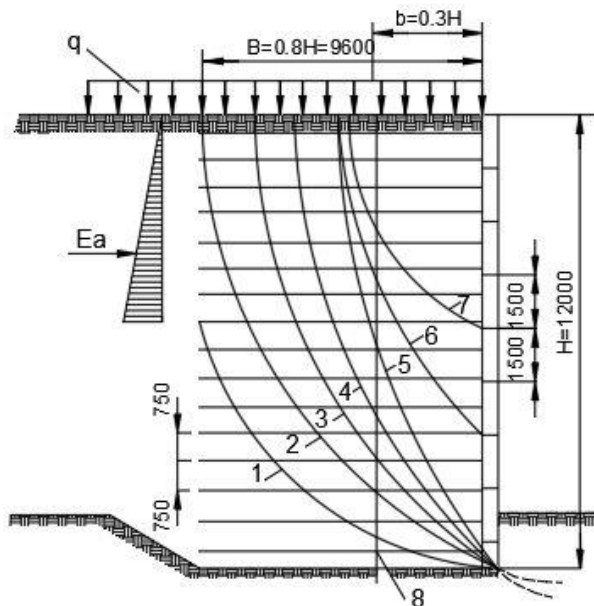


Рисунок 3 - Расчетная схема работы подпорной стенки:
 $1-8$ – поверхности разрушения

Приведенные значения показывают, что уже при относительно небольших деформациях, проблема устойчивости становится весьма важной. Наименьшая устойчивость наблюдается по поверхности скольжения 5 (рис. 3), которая практически совпадает с геометрическим

местом точек всех максимальных растягивающих сил в анкерных полосах [4].

В этой плоскости скольжения коэффициент устойчивости только от сил трения грунта составляет $K_y = 0,51$. Остальная часть обеспечивается сопротивлением внутренних сил анкерных элементов. А так как блок может консольно выступать на участке, ширина которого достигает 30 % высоты ($b = 0,3 H$), было экспериментально проверено для вертикальной плоскости скольжения δ (см. рис. 3). В этом случае еще возможно восприятие поперечных сил с коэффициентом $K_y = 1,15$ (в области напряжений текучести) и $K_y = 1,82$ (в области разрушающих напряжений) [5].

Влияние сил трения, возникающих вследствие давления грунта, составляет здесь только $K_y = 0,20$ [6]. Однако, вызванный консольным расположением блока результирующий изгибающий момент не может больше восприниматься самим блоком при линейном расположении напряжений [7].

При определении длины анкерных сеток (полос) и нагрузки на них, принимая во внимание заданное расстояние между анкерами по высоте и ширине ($\alpha = 750$ мм) можно с целью упрощения считать, что каждая анкерная полоса передает непосредственно на переднюю стенку усилие, соответствующие части давлений грунта (рис. 4).

Напряжения, действующие в грунте на глубине h , составляют $\gamma h \lambda$. Внешняя нагрузка, приходящая на участок плиты площадью a^2 часть давления грунта, составляет:

$$\Delta E = \gamma \lambda_a a^2,$$

$$\text{где } \lambda_a^{\text{песка}} = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}); \lambda_a^{\text{суглинка}} = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) + 2ctg(45 - \frac{\varphi}{2}),$$

и должна равняться соответствующей силе, воспринимаемой анкерной сеткой (полосой):

$$Z = \gamma h f 2bl,$$

где f – коэффициент трения грунта по анкеру; b – ширина анкерной полосы (сетки); l – необходимая длина анкерной полосы [8].

Из уравнения $Z = \Delta E$ следует, что необходимая длина сцепления полосы, обеспечивающая равновесие грунтовой массы, не зависит от глубины заложения при равном давлении грунта. Поэтому длина анкерных полос при равенстве прочих геометрических соотношений зависит только от давления грунта, коэффициентов трения и запаса прочности. Независимость от глубины заложения следует из того, что

давление грунта, как и трение, возрастает пропорционально увеличению внешней нагрузки при увеличении глубины заложения.

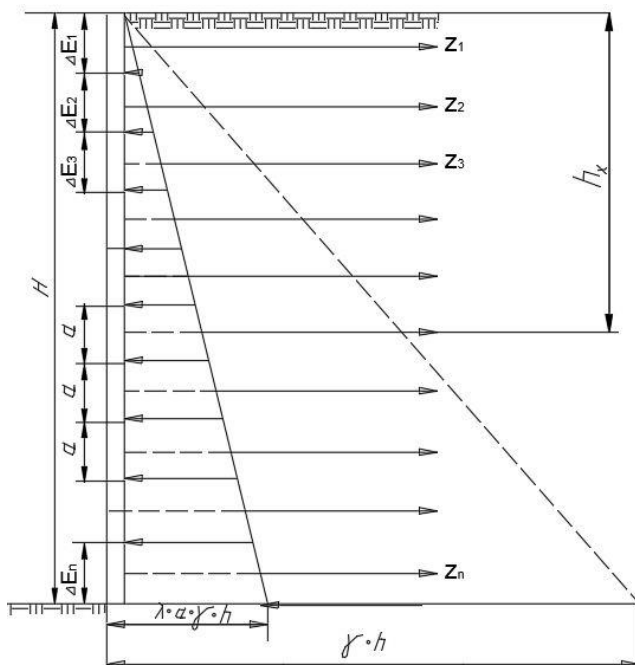


Рисунок 4 - Распределение давления грунта на ограждающую стену

Исходя из пространства длины, можно легко ограничить теоретически необходимые размеры армированного грунта как строительной конструкции. Анкерные полосы передают на неподвижное основание приходящуюся на них нагрузку на участке, длина которого определяется размерами поверхности скольжения. Теоретически наибольшие размеры конструкции из армированного грунта имеют место по Кулону при угле наклона поверхности скольжения, равном $45^\circ + \varphi/2$. Обе криволинейные поверхности скольжения снова представляют собой геометрические места точек приложения всех максимальных растягивающих сил, которые определены при испытаниях на крупноразмерных образцах и моделях. При стальной ограждающей стенке начальная точка линии скольжения находится на верхней грани заполнения на расстоянии от переднего

края стенки, равном 0,25 высоты стенки Н, а в случае стенки из бетонных плит – на расстоянии 0,35 Н [9, 10].

Если исходить из схемы, представленной на рис. 4, то необходимые длины анкерных полос, рассчитываемые без учета устойчивости, укорачиваются сверху вниз из-за показанных на рисунке изменений их толщины и количества на длине сцепления [11].

Таким образом, теоретически необходимые длины полос могут быть меньше обычно принимаемой величины $l \geq 0,7 H$; этим объясняются причины выбора коротких анкерных элементов в подошве подпорной стенки.

Массивные конструкции из армированного грунта с отношением ширины к высоте, равным 0,7, всегда позволяют проводить точные расчеты. Однако применение армированного грунта представляет определенные требования к анкерным конструкциям, к насыпному материалу (грунту) и его укладке и уплотнению. Металлические анкерные конструкции должны быть оцинкованы. В последнее время начали использовать легированные стали и алюминиевые сплавы [12, 13].

Грунты – заполнители должны соответствовать следующим требованиям:

- в их состав должны входить стойкие против выветривания и достаточно водонепроницаемые материалы однородного качества;

- они не должны содержать никаких органических примесей, а также химических примесей, агрессивных по отношению к бетону и металлу;

- содержание частиц мельче 0,06 мм должно быть менее 15 %, а фракции крупнее 100 мм – менее 25 %;

- максимальный диаметр кусков не должен превышать 250 мм;

- необходимо, чтобы угол внутреннего трения был больше или равен 25° (в уплотненном состоянии) [14].

Уплотнение грунта ставит целью достижение как можно большего сопротивления трения на возможно более коротком участке. Чтобы не произошло отрыва анкерных полос от ограждающей стенки из стальных профилей или бетонных плит, уплотнение непосредственно за стенкой на участке шириной не менее 1 м следует производить с помощью легких трамбовок.

При использовании связных грунтов и насыпного материала, отличающегося по своему составу от указанного выше гранулометрического эталона, необходимо в ряде случаев осуществлять специальные мероприятия для отвода воды из тела отвалов и насыпей,

возведенных с применением армированного грунта, причем, эти мероприятия в каждом конкретном случае могут быть различными.

Изложенные выше материалы по изучению статической работы армированного грунта в насыпях и в подпорных стенах позволяют сделать следующие выводы:

– отвалы, насыпи и подпорные сооружения из армированного грунта массивны и функционируют как гравитационные сооружения. Их вертикальные или крутые откосы позволяют намного уменьшить отводы земель по сравнению с классическими насыпями;

– возведение сооружений из армированного грунта отличается низкой стоимостью, так как возводятся в сжатые сроки с применением простых машин и механизмов, не требуется дорогих и дефицитных материалов;

– однако при использовании армированного грунта возникает необходимость в антикоррозионном покрытии арматуры, хотя в настоящее время рассматривается вопрос изготовления арматуры из пластмасс.

Список литературы:

1. Антонов В.М. Экспериментальные исследования армированных оснований. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 80 с.
2. Кочерженко В.В., Сулейманова Л.А., Мирзоев А.А. Исследование влияния изменчивости свойств песчаных и глинистых грунтов на напряженно-деформированное состояние оболочек опускных колодцев при их погружении. // Вектор ГеоНаук. №2. 2018. С. 38-47.
3. Сулейманова Л.А., Кочерженко В.В., Погорелова И.А. Методика расчета продолжительности погружения опускных колодцев с учетом надежности технологических элементов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 10. С. 69-72.
4. Кочерженко В.В., Погорелова И.А., Сулейманов А.Г., Коломацкий А.С. Разработка и исследование способа уменьшения потерь земельных ресурсов под отвалами вскрышных пород КМА путем армирования их откосов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 55-59.
5. Кочерженко В.В., Карякин В.Ф. Лабораторные исследования влияния армирования грунтов на их прочностные характеристики. // Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений: Межвуз. сборник трудов. г. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. С. 96-103.

6. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Kirilenko S.V., Suleymanov K.A. Physical basis of destruction of concrete and other building materials / В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. «International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 – Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment» 2018. С. 022082.
7. Отчет о научно-исследовательской работе №826ЮР «Инженерно-геологическое обоснование безопасных параметров отвалов Лебединского ГОКа, обеспечивающих их устойчивость и увеличение емкости». ОАО «НИИКМА». – г. Губкин. 2001. 96 с.
8. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. Перевод с английского В.С. Забавина; Под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989. 280 с.
9. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. – М.: Высшая школа, 1968. 630 с.
10. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка рекомендаций по обеспечению устойчивости, увеличению емкости и использованию под строительство отвалов, формируемых на слабом основании» / НПО «ВИОГЕМ». №ГР 01900018734 – г. Белгород, 1990. 142 с.
11. Прокин Д.А., Антонов В.М. Исследование прочностных и деформационных характеристик армированных грунтов / Сб. научных трудов Тамбовского государственного технического университета. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. 80 с.
12. Сулейманова Л.А. Энергия внутренних связей в материале – основа его прочности, деформативности и сопротивляемости различным факторам // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 154-159.
13. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Физико-механические основы строительного материаловедения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 68-72.
14. Томаков П.Н., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашников А.Т. Экология и охрана природы при открытых горных работах. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1994. 408 с.

О НОВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Лосев Ю.Г.¹, канд. техн. наук., доцент,

Лосев К.Ю.², канд. техн. наук

¹*Старооскольский технологический институт НИТУ МИСиС*

²*Московский государственный строительный университет*

Аннотация. В докладе инновационное развитие строительной отрасли связывается с созданием нового технологического уклада на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства. Предлагается для региона сформулировать общую целевую программу создания инновационного ТУ для малоэтажного жилищного строительства на основе уже имеющихся экологических, энергоэффективных, экономичных строительных систем МЖС. Предлагается индустриальная строительная система МЖС на основе применения композиционных гипсобетонов. Для этих целей в регионе создат объектно-ориентированный промышленный кластер МЖС.

Ключевые слова: технологический уклад, жизненный цикл объектов малоэтажного жилищного строительства, BIM-модели, BIM-технологии, строительные системы, объектно-ориентированный промышленный кластер.

Инновационное развитие строительной отрасли в настоящее время напрямую связано с созданием нового технологического уклада на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства (ТУ ЖЦ ОКС). Иначе, на этапах ЖЦ ОКС по выполнению работ: предпроектном, этапе проектирования, строительства, эксплуатации, утилизации (вывода из эксплуатации и демонтажа).

Следует сразу отметить, что центральным связующим звеном в ТУ ЖЦ ОКС являются информационные технологии создания и поддержки информационных моделей объекта строительства, включающие не только информационные модели (BIM-модели), но и весь необходимый комплекс средств управления информационным обеспечением ЖЦ ОКС на основе систем PDM (управление инженерными данными) и PLM (управление жизненным циклом ОКС) [1].

Вопрос создания нового технологического уклада отрасли имеет животрепещущее значение и тесно связан с поручением президента приступить к широкому внедрению BIM-технологий в строительной отрасли, начать подготовку соответствующих кадров в университетах страны. Это напрямую связано также и с целевыми показателями -

увеличить к 2024 г. объем жилищного строительства до 120 млн.м²/год., обозначенных в послании президента в 2018 г.

Проблема ТУ ЖЦ ОКС активно обсуждалась в г. Воронеж (в техническом университете) 15 ноября 2018 г. на Всероссийском форуме «Проектирование. Строительство. Эксплуатация», который был посвящен инновационному развитию строительной отрасли, внедрению BIM-технологий на различных этапах ЖЦ ОКС. На форуме специалистами из городов Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Воронежа и других были сделаны доклады и продемонстрированы впечатляющие результаты по использованию BIM-моделей. Особенно на этапах монтажа конструкций, оборудования, трубопроводов и др. Монтаж на стройке уже не редко выполняется с использованием BIM – моделей на компьютере.

Рекомендаций на форуме по внедрению конкретных BIM-технологий не было. Тем не менее, на рынке существуют достаточно предложений различных фирм: Revit (США), Allplan и Archicad (Германия), Tekla (Финляндия), Renga (Россия) и др. Указанная проблема рассмотрена и на семинаре 6 декабря 2018 г. в БГТУ им. Шухова по внедрению BIM-технологий на основе системы Archicad.

Активное обсуждение проблемы в университетах отражает факт начала широкой подготовки кадров в различных регионах страны, в первую очередь, пользователей BIM-технологий в соответствии с традиционными разделами проектов ОКС (архитектура, конструкции, инженерное оборудование и др.).

Следует сказать, что на кафедре ПГС СТИ НИТУ МИСиС в учебных планах всегда были выделены часы и спецдисциплины по изучению технологий проектирования на компьютерной основе. Наши выпускники успешно осваивали и далее успешно применяют навыки в своей работе на производстве. Технологии, концепции BIM активно используются уже более 10 лет на основе программных комплексов Cadwork (с 2008 г.) Revit (с 2010 г.). Подготовлено ряд выпускников, успешно использующих BIM-технологию в своей проектной работе. Уже построено несколько объектов, проектная документация, которых разработана с использованием вышеназванных комплексов. Следует отметить, что еще в далеком 1997 г. многие концептуальные вопросы по теме автоматизированного производства и информационного моделирования нами было сформулированы в докладе [2].

Однако, в целом строительная отрасль находится только в начале пути создания нового ТУ ЖЦ ОКС. И связано это с тем, что существующие строительные системы городского строительства

ориентированы на традиционные строительные системы "тяжелого" многоэтажного железобетонного (панельного, каркасно-панельного, монолитного), кирпичного, блочного, металлического и др. строительства. Существующие строительные системы городского многоэтажного строительства нацелены обеспечивать все требования предельных состояний прочности, жесткости, устойчивости, долговечности ОКС, однако мало соответствуют современным требованиям экологичности, энергоэффективности, экономичности ОКС и особенно в жилищном строительстве. В первую очередь, для комфортного проживания и поддержки самого здоровья и продолжительности жизни людей [3].

Правильный выбор пути развития городского, поселкового, сельского строительства выбран в Белгородской области более 15 лет назад на основе приоритета малоэтажного жилищного строительства (МЖС). Известно предложение губернатора Савченко Е. С. в 2014 г. на Госсовете о строительстве в стране ежегодно 1 млн. индивидуальных жилых домов. Однако, на последнем Госсовете в г. Казани в 2019 г. по развитию национальной программы строительства жилья данное предложение даже не рассматривалось. Побеждает концепция строительства многоэтажного жилья в мегаполисах. Это является ошибкой, что будет тормозить внедрение нового ТУ ЖЦ ОКС, в том числе и на основе приоритета малоэтажного жилищного строительства.

Эффективные строительные системы индивидуального малоэтажного жилищного строительства известны [3]. Помимо традиционного деревянного домостроения, по нашей оценки, для массового строительства требуются индустриальные строительные системы из материалов с плотностью в среднем $500-1000 \text{ кг/м}^3$ для несущих конструкций стен и перекрытий (газосиликат, пенобетон, арболит, легкие наполнители).

Особое место среди строительных систем МЖС занимает строительная система "Экодом" с применением композиционных гипсобетонов, разработанная на кафедре ПГС СТИ НИТУ МИСиС [4].

Конструктивный остов дома в составе фундаментов, стен, перекрытий, перегородок, крыши представляют сборно-монолитные конструкции с каркасом из термопрофилей легких тонкостенных стальных конструкций (ЛСТК), обшитых несъемной опалубкой из листов влагостойких гипсо-волоконистых листов (ГВЛВ) и залитых монолитными легкими композиционными гипсобетонами со средней плотностью $500-600 \text{ кг/м}^3$.

Опыт строительства, наблюдения и эксплуатации индивидуального гипсобетонного жилого дома, построенного в 2008 в г. Старый Оскол, подтвердил расчетные технико-экономические, прочностные, теплотехнические, экологические и др. показатели по критериям экологичности, энергоэффективности, экономичности [5]. Следует отметить, что экспериментальный конструктивный остов дома от фундаментов до крыши был построен летом 2008 г. за 1.5 месяца.

Выполненные инициативные исследовательские, опытно-конструкторские, технологические, патентные работы, натурные испытания промышленного образца жилого дома позволяют сделать вывод о создании инновационной индустриальной строительной системы «Экодом» и возможности рекомендовать её для широкого внедрения в массовое строительство малоэтажного жилья. Гипсобетонные дома будут востребованы на рынке из-за низкой энергозатратности, материалоемкости, себестоимости, высокой экологичности конструкций остова как при строительстве, так и при эксплуатации жилых домов.

Предлагаем для региона сформулировать общую целевую программу создания инновационного технологического уклада МЖС в интересах участников программы – населения, инвесторов, производителей, структур развития, учебных заведений, администрации (государство). Такая программа нацелена объединить имеющиеся ресурсы и возможности нашего региона в создании объектно-ориентированного промышленного кластера МЖС.

Промышленный кластер очевиден в первую очередь, для эффективного строительства поселков, кварталов малоэтажных индивидуальных и блокированных жилых домов при существенном повышении производительности труда строителей, стабилизации, снижения себестоимости жилья в интересах населения.

В рамках такого кластера возможно быстро построить инновационный технологический уклад на основе уже имеющихся экологических, энергоэффективных, экономичных строительных систем МЖС, внедрить BIM-технологии и необходимые современные инновационные материалы и продукцию для ТУ МЖС. Именно в этих условиях в приемлемые сроки будет создано и заработает гибкое автоматизированное производство МЖС с применением BIM-технологий, робототехники, искусственного интеллекта с доступом к пользованию этими технологиям всех предприятий строительной отрасли: малых, средних, крупных.

Новый технологический уклад необходимо ориентировать на все этапы жизненного цикла МЖС.

В одиночку эти проблемы не решить. Образно говоря, пора объединить «растопыренные пальцы» строителей (множество ООО, ИП и т.п.), собрать их в один кулак для достижения целей, приемлемых для всех участников, чтобы не оказаться на обочине мирового развития.

Без участия государства (административного ресурса) такой промышленный кластер не построить. И конечно, здесь нужна благоприятная стратегия, предложения инвестиций в инновации под приемлемые долгосрочные проценты (1-3%).

Концептуальные, методологические, научно-технические наработки, бизнес-план создания объектно-ориентированного промышленного кластера, в том числе строительства заводов индустриальной базы ТУ МЖС, по данной проблеме в университете имеются.

Список литературы:

1. Волков А.А, Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства // Научный-технический журнал Вестник МГСУ. 2012. №11, С.253-257
2. Лосев Ю.Г. К вопросу обоснования сущности гибкой автоматизированной технологии малоэтажного жилищного строительства // Доклад на международной конференции "Промышленность стройматериалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условия рыночных отношений" БГТАСМ, 1997
3. Лосев Ю.Г, Лосев К.Ю. Строительные системы здорового дома. // Современное строительство и архитектура. 2018, № 4, С.18-22
4. Гипс в малоэтажном строительстве» под редакцией профессора, д.т.н. Ферронской А.В., М.: АСВ, 2008.
5. Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Оценка эксплуатационных показателей гипсобетонного жилого дома // Доклад на 9-ой Международной конференции "Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий" РГА, Минск, 2018

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛООВОГО КОНТУРА В ЗДАНИЯХ КРЫТЫХ БАССЕЙНОВ

Мазур В.А., канд. тех. наук, доцент,
Новицкая Е.И., аспирант,
Крупенченко А.В., ассистент
*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. Массовое строительство зданий крытых бассейнов необходимо для развития здорового общества. Наиболее часто применяемые в строительной практике варианты возведения зданий крытых бассейнов предполагают устройство кирпичных стен с внешним утеплением или применение сэндвич-панелей в качестве ограждающих конструкций, которые не всегда соответствуют требованиям, предъявляемым к конструкциям. В статье рассматривается новый способ устройства ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов, позволяющий значительно снизить эксплуатационные затраты и удовлетворить любые требования к внешнему виду здания.

Ключевые слова: теплоизоляция, штукатурный фасад, внутренний тепловой контур.

Для зданий крытых бассейнов особенно актуальны требования по сокращению теплопотерь, в том числе и через ограждающие конструкции. Это вызвано не только изменением требований к теплотехническим показателям ограждающих конструкций, но и негативным влиянием излишней влаги на них в помещениях ванного зала. С учетом перечисленных факторов разработан вариант устройства ограждающих конструкций с устройством внутреннего теплового контура (ВТК), рис. 1.

Ограждающая конструкция стены в варианте ВТК состоит из трех слоев: несущей стеновой конструкции, воздушной прослойки и внутреннего теплового контура из сэндвич-панелей с утеплителем из пенополиуретана (ППУ) или изофеника нано (IPN). Заполнение сэндвич-панелей выбрано с учетом требований, предъявляемых к конструкциям по теплопроводности, паропроницаемости и огнестойкости. Воздушная прослойка необходима согласно требованиям к ограждающим конструкциям бассейнов [1, 2, 3].

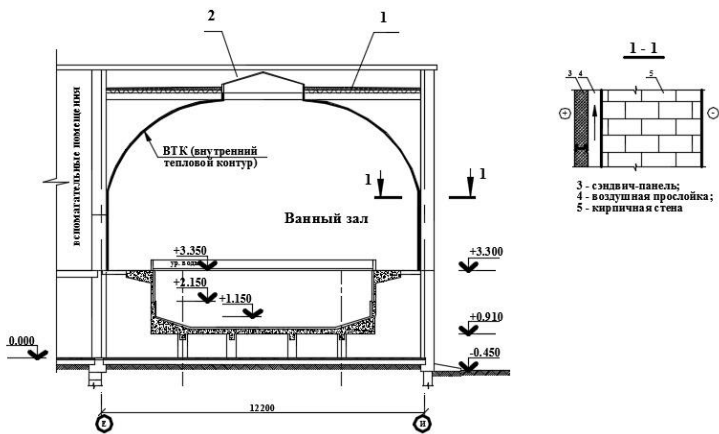


Рисунок 1 - Внутренний тепловой контур (ВТК)

В результате исследований выявлено, что внутренний тепловой контур рациональнее устраивать в виде арочной конструкции, так как такая форма сокращает теплотери здания до 30%, тем самым снижая расходы на отопление. Подобная форма предполагает верхнее или боковое естественное освещение в помещении ванного зала. В работе предлагается выполнение верхнего освещения путем устройства зенитных ленточных фонарей (рис. 1, поз. 2), которые одновременно могут выполнять функции проветривания и дымоудаления.

В качестве объекта исследования принят типовый проект 294-3-56.90 «Крытый бассейн с ванной 25х8,5м и детской ванной 10х6». Внешние стены выполняются из красного полнотелого кирпича толщиной 510 мм (рис. 2).

При технико-экономическом сравнении рассмотрены два варианта устройства ограждающих конструкций принятые на основе данного типового проекта.

1 вариант: традиционное (или классическое) конструктивное решение, которое предполагает устройство штукатурного фасада со слоем теплоизоляции – технология «мокрый фасад». В качестве утеплителя выбрана минеральная вата ($\rho - 150 \text{ кг/м}^3$).

В качестве **2-го варианта** принят новый вариант устройства ограждающих конструкций с устройством внутреннего теплового контура (ВТК) для помещения ванного зала крытых бассейнов.

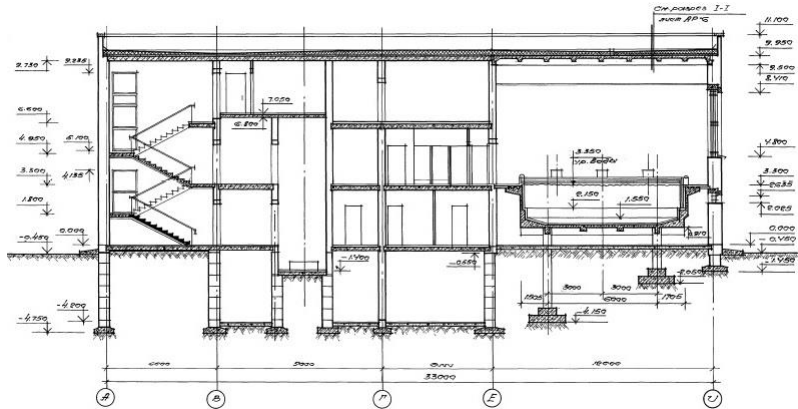


Рисунок 2 - Разрез здания крытого бассейна, ТП 294-3-56.90

Принципиальные архитектурно-конструктивные отличия рассматриваемых вариантов (рис. 3) заключаются в следующем:

- расположение естественного освещения (в типовом проекте – боковое освещение через оконные проемы, в варианте с ВТК – через зенитные фонари (рис. 3, поз. 1));

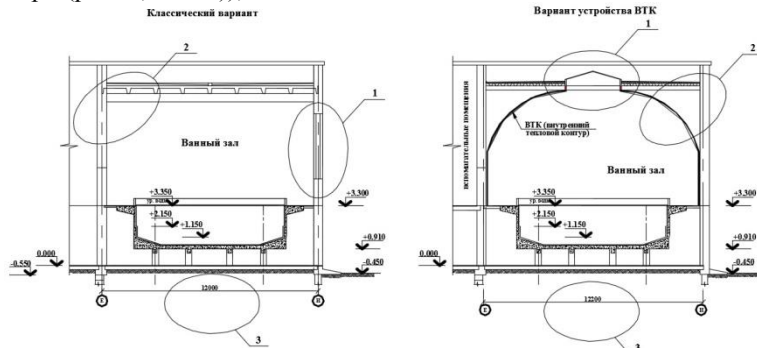


Рисунок 3 - Различия классического варианта и нового способа устройства ограждающих конструкций

- сокращение отопляемого объема помещения, за счет арочной формы (рис.3, поз. 2);
- увеличение расстояния между осями минимум на 200 мм в варианте с ВТК с учетом конструктивных требований к проектированию бассейнов

[2], согласно которых обходные дорожки должны иметь ширину не меньше 1500 мм (рис.3, поз. 3).

Выполнено технико-экономическое сравнение двух вариантов. Результаты сравнения представлены в табл. 1.

В результате расчетов для вентиляции ванного зала с ВТК выбрана вентиляционная установка Breezart 20000 Pool Pro. Для традиционного (классического) варианта выбрана вентиляционная установка Breezart 25000 Pool Pro. Сравнение установок показало разницу в стоимости на 950,900 тыс. руб.

Для отопления помещения ванного зала варианта ВТК выбран воздушно-отопительный агрегат Volcano VR3, тепловая мощность до 75 кВт. Для традиционного (классического) варианта выбираем два водяных тепловентилятора, воздушно-отопительный агрегат Volcano VR2 и Volcano VR1, с суммарной тепловой мощностью до 80 кВт. Сравнение стоимости установок показало разницу – 20,157 тыс. руб.

Таблица 1

Наименование показателя	Традиционный (классический) вариант	Вариант ВТК
Толщина утеплителя для стен	120 мм (минвата)	50 мм (IPN)
Толщина утеплителя для кровли	250 мм (минвата)	50 мм (минвата) + 50мм (IPN)
Сметная стоимость строительства ванного зала*	5 371,172 тыс. руб.	6 321,236 тыс. руб.
Мощность системы вентиляции	40,3 кВт/ч	34,1 кВт/ч
Стоимость системы вентиляции	5 076,000 тыс. руб.	4 125,100 тыс. руб.
Требуемая мощность системы отопления	77,2 кВт/ч	65,7 кВт/ч
Стоимость системы отопления	49,849 тыс. руб.	29,692 тыс. руб.
Снижение затрат на вентиляцию ванного зала в год	-	79,546 тыс. руб. в год.
Снижение затрат на отопление ванного зала	-	205,824 тыс. руб. в год.

* - сметная стоимость остальной части здания бассейна в работе не учитывалась, архитектурно-конструктивное решение этой части не меняется

В результате исследований выявлено, что устройство ВТК приводит к увеличению сметной стоимости строительства на 15 % , что составляет 950,064 тыс. руб.

Так как потребляемые мощности вентиляционной установки и системы отопления варианта устройства ВТК меньше на 15 % и 14% в сравнении с традиционным вариантом устройства ограждающих конструкций, суммарное сокращение затрат на электропотребление систем вентиляции и отопления составляет 285,370 тыс. руб. в год.

Таким образом, технико-экономическое сравнение вариантов показывает рациональность устройства внутреннего теплового контура (ВТК) в помещении ванного зала зданий бассейнов. Увеличение единовременных затрат на возведение конструкций зданий бассейнов компенсируется в течение 3,5 лет эксплуатации.

Так как ограждающие конструкции бассейнов должны быть вентилируемыми, необходимы дальнейшие исследования движения воздуха в создаваемой воздушной прослойке с целью определения ее толщины с учетом скорости воздуха.

Список литературы:

1. СП 31-113-2004 Свод правил по проектированию и строительству. Бассейны для плавания. - М.: Госстрой РФ, 2005 - 76 с.
2. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий. – К.: Минрегион Украины, 2006 – 71 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Руководство по расчетной оценке тепловлажностного состояния ограждающих конструкций. – К.: Минрегион Украины, 2013 – 66 с.

О ВАРИАЦИИ ПОДХОДОВ К РАСЧЕТУ МНОГОСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В SCAD

Меркулов С.И.¹, д-р техн. наук, профессор,
Есипов С.М.², ст. преподаватель

¹*Курский государственный университет*

²*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В статье рассмотрены результаты расчета плоских пластин слоистой структуры по толщине с различающимися упругими характеристиками слоев с помощью конечных элементов разного типа в условиях пространственной задачи. Сделаны выводы о применимости исходных предпосылок расчета теории многослойных ортотропных оболочек.

Ключевые слова: конечный элемент, ортотропия, межслоевой сдвиг, слоистая пластина.

Применение гипотез прямых нормалей Кирхгофа-Лява при расчете плоских элементов, имеющих несколько разнодеформативных слоев по толщине, приводит к сильному искажению результатов [1, 3]. Для построения расчетных зависимостей необходимо использовать модели, учитывающие изменение перемещений по толщине элемента, не являющееся линейным.

В качестве объекта рассмотрим многослойную пластину постоянной толщины, размещенной в ортогональной системе прямолинейных координат X, Y, Z таким образом, что линии X и Y совпадают с линиями главных осей поверхности пластины, а линия Z нормальна к этой поверхности. Материал каждого слоя ортотропен, его характеристики постоянны в пределах каждого слоя. Поверхности раздела слоев являются эквидистантными поверхностями. Пластина загружена равномерно распределенной нагрузкой, нормальной к поверхности пластины. Количество слоев произвольно, но для удобства рассмотрения принято равным 2.

Для расчета подобного элемента SCAD обладает двумя типами схемы и соответствующими им двумя наборами оболочечных конечных элементов: тип схемы 8 – конструкции из многослойных оболочек (КЭ №71-74); тип схемы 9 – конструкции из многослойных оболочек (КЭ №81-84). Разница заключается в исходных гипотезах о совместности работы слоев модели: в типе схемы 8 реализован учет обжатия слоев, в типе схемы 9 – межслоевой сдвиг.

Если в основу физической модели для первого типа заложены гипотезы, определяющие закон изменения поперечных касательных напряжений по толщине пластины, нормального напряжения и поперечной деформации, то в основу физической модели второго типа заложено допущение об отсутствии поперечных нормальных напряжений и деформаций. Кинематическая модель деформированного состояния второго типа учитывает, помимо перемещений первого типа, еще и перемещения, вызванные поперечным сдвигом слоев.

В прикладном смысле это означает, что деформативность элемента при расчете по второму типу будет больше, чем по первому типу в силу наличие несовместности деформаций по границам раздела слоев [2]. Неучет нормальных напряжений во втором типе может привести к возникновению скачков изгибающих моментов по направлениям главных осей пластины, особенно в направлении оси X (наибольший размер).

Для оценки этих явлений был проведен эксперимент в программном комплексе SCAD. Была смоделирована слоистая плита размером 10x1м, состоящая из 2-х слоев: верхний слой из тяжелого бетона класса В15 (начальный модуль упругости – 24 ГПа, коэффициент Пуассона – 0.2), нижний слой из тяжелого бетона класса В30 (начальный модуль упругости – 32.5 ГПа, коэффициент Пуассона – 0.2). Толщина каждого слоя – 0.2м. Нагрузка была приложена в виде равномерно распределенной интенсивностью 20 кН/м². Опорные закрепления были расположены по коротким сторонам плиты и обеспечивали линейные связи по X, Y, Z с одной стороны и Y, Z с другой стороны плиты. Угловые перемещения ограничены не были. Заданное армирование отсутствовало по причине слабого влияния на жесткость плиты.

Было рассмотрено 2 варианта типизации конечных элементов плиты: тип 71 (далее – плита 1-го типа) для реализации учета обжатия слоев, тип 81 (далее – плита 2-го типа) для реализации учета межслоевого сдвига. Все конечные элементы приняты плоскими прямоугольными с 4-мя узлами.

Первым оценочным фактором было распределение удельного изгибающего момента по направлению оси X. Значения фиксировались на нейтральном слое – границе раздела 1-го и 2-го слоев.

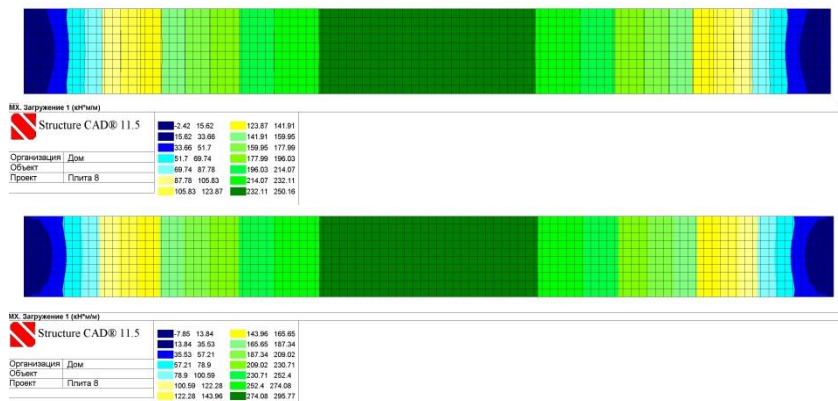


Рисунок 1 - Изополя изгибающего момента M_x : в плите 1-го типа (сверху), в плите 2-го типа (снизу)

Характер распределения изгибающего момента меняется незначительно, исключительно в приопорной зоне. Абсолютные значения в зоне наибольших моментов составляют 250.15 и 295.77 кН*м/м для 1-го и 2-го типа плиты соответственно (см. рис. 1).

Вторым оценочным фактором выбрано значение касательных напряжений в зоне раздела слоев в плоскости XoY .

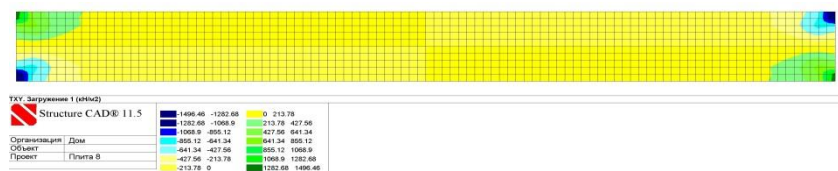


Рисунок 2 - Изополя касательных напряжений T_{xy} в плите 1-го типа

По результатам эксперимента было установлено, что с переходом на конечный элемент с межслоевым сдвигом меняется и НДС контактной зоны слоев плиты. В плите 1-го типа касательные напряжения на всех поверхностях слоев одинаково и составляет 1.5 МПа (см. рис. 2), в плите 2-го типа заметен скачок между 1-м и 2-м слоями – 1.4 Мпа и 0.4 Мпа соответственно (см. рис. 3).

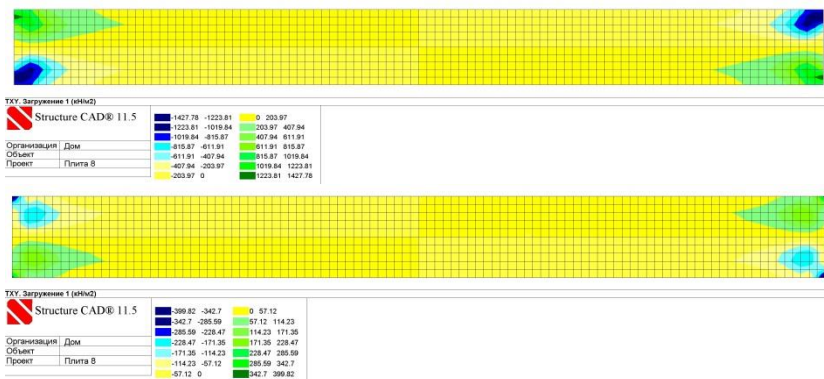


Рисунок 3 - Изополя касательных напряжений Тху в плите 2-го типа: на нижней поверхности верхнего слоя (сверху), на верхней поверхности нижнего слоя (снизу)

Третьим оценочным фактором выбрано значение вертикальных прогибов плиты.

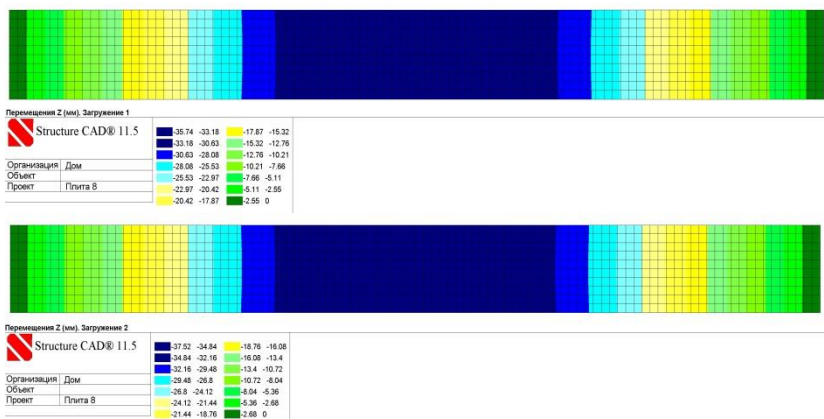


Рисунок 4 - Изополя вертикальных прогибов в плите 1-го типа (сверху), в плите 2-го типа (снизу)

Установлено, что переход от 1-го типа ко 2-му типу приводит к увеличению максимальных вертикальных перемещений плиты с 35.7мм до 37.5мм (см. рис. 4).

Анализируя результаты эксперимента, можно сделать следующие выводы:

- существует 2 взаимоприменимых подхода к моделированию слоистых элементов в SCAD;
- исходные предпосылки об увеличении изгибающих моментов и вертикальных прогибов слоистой плиты нашли свое подтверждение;
- при применении плиты 2-го типа следует помнить о скачкообразном изменении касательных напряжений по границе раздела слоев;
- использование конечных элементов типа 81 снижает жесткость плиты-модели [3];
- для подтверждения применимости предпосылок использования плиты 2-го типа необходимо проведение сравнительного анализа полученных результатов численного эксперимента с результатами практических испытаний.

Список литературы:

1. Есипов С.М., Гридякина Д.В., Володина А.А., Лосевская К.А. Влияние реологических свойств бетона на прогибы железобетонных элементов под нагрузкой // В сборнике: Международный студенческий строительный форум-2017 Сборник докладов: в 2 томах. Белгород, -2017. -С. 260-264.
2. Обернихин Д.В., Никулин А.И. Экспериментальные исследования деформативности изгибаемых железобетонных элементов различных поперечных сечений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2017. -№4. - С. 56-59.
3. Смоляго Г.А., Фролов Н.В. Методика и программа проведения экспериментальных исследований изгибаемых железобетонных элементов при силовом и средовом воздействии // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. -2017. -№1. - С.135-138.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА НЕТИПОВЫХ ПЛАНАХ

Мущанов В.Ф., д-р техн. наук, профессор,
Оржеховский А.Н., канд. техн. наук, доцент,
Мущанов А.В., аспирант

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. В работе предложен алгоритм и приведены результаты оптимального проектирования большепролетных структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах, отличительной особенностью которых являются: учет конструктивного оформления узла при оценке устойчивости центрально-сжатых элементов, использование типовых трубчатых элементов и соединительных коннекторов при перекрытии нетиповых большепролетных планов, базирующееся на новых подходах к формообразованию оптимизируемых систем.

Ключевые слова: большепролетные структурные покрытия, оптимальное проектирование

Повсеместное использование решетчатых пространственных конструкций в различных отраслях строительства ставит перед инженером целый ряд научных задач, одной из которых является использование типовых элементов конструкций на нетиповых прямоугольных планах. При этом одной из отличительных особенностей таких расчетов может стать детальное моделирование конструктивного исполнения узлового соединения элементов структурного покрытия при оценке устойчивости центрально-сжатых элементов покрытия (см. рис. 1).

Учитывая тот факт, что экономические требования к строительным системам существенно ограничивают диапазон используемых сталей, авторы считают рациональным варьировать геометрические параметры, форму конструкции и площади сечений элементов системы. Резюмируя выше приведенное, можно сделать вывод о целесообразности разработки специализированного программного комплекса для оптимизации конструкции покрытия по перечисленным параметрам.

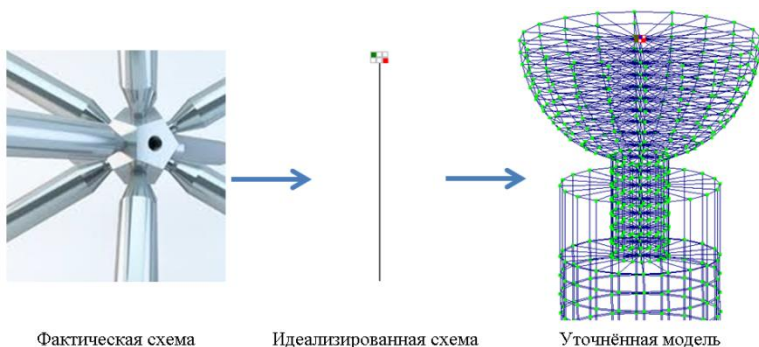


Рисунок 1 - Переход к моделированию конструктивных элементов покрытия

Основная проблема при создании такого комплекса состоит в том, что связь между геометрией, сечениями элементов и массой конструкции не является линейной зависимостью, что обуславливает необходимость решения задачи нелинейного программирования. Более того, многоэлементность системы исключает возможность записи функции оптимизации в явном виде, и как следствие, невозможность использования методов оптимизации, основанных на вычислении производных (градиентные методы, методы вторых производных). В этой связи целесообразно применить методы поиска, а именно поиск по деформируемому многограннику (метод Нелдера-Мида), который относительно просто реализуется в качестве программного кода на ЭВМ и в отличие от других методов поиска (метод Розенброка и Девиса, Свена, Кемпи, Пауэла и ряда других) имеет более быструю сходимость и скорость отыскания минимума целевой функции.

Процесс оптимизации стальных стержневых конструкций рассмотрим на примере пространственной решетчатой системы с размерами в плане 45x45 метров. Конструкция имеет шарнирное опирание по контуру в узлах верхнего пояса. В качестве варьируемых параметров целесообразно принять высоту покрытия и стрелу подъема над уровнем закрепления. Исходя из опыта проектирования высота конструкции «Н» варьируется в пределах 1/15...1/30 минимального размера конструкции в плане (1,5...3м), а стрела подъема «Z» в пределах 0...1/10 (0...4,5м). В качестве целевой функции оптимизации выступает масса конструкции, как относительный экономический показатель.

Алгоритм оптимизации реализован в виде программного комплекса написанного на высокоуровневом интерпретируемом языке программирования MATLAB. Блок-схема алгоритма оптимизации представлена на рисунке 2. В качестве переменной «х» алгоритма выступают одновременно «Н» и «Z». Изначально формируется файл с исходными данными в формате .txt, где указывается нагрузка, координаты узлов, геометрические характеристики сечений, связи. Для обеспечения интеграции разработанного программного продукта с современными комплексами автоматического проектирования предусмотрена возможность загрузки вышеперечисленных данных из текстовых файлов, генерируемых программами «ЛИРА САПР» и «SCAD». Далее насчитывается сетка точек, расположенных на исследуемой поверхности массы (m), где параметры «Н» и «Z» изменяются с заданным шагом. Анализируя полученный массив данных масс конструкции, выбираются три базисные точки для реализации алгоритма Нелдера-Мида. Точка с максимальным значением целевой функции массы (точка 3) отображается через центр отрезка, образованного двумя оставшимися точками базиса (точки 1 и 2). Если целевая функция в полученной точке (точка 4) меньше массы в точке 3, то происходит растяжение вычисления (рассчитывается точка 5), отрезок «3-4» удлиняется по направлению точки 4, и наоборот, если целевая функция массы в точке 4 больше массы в точке 3, но меньше массы в центре отрезка «1-2», выполняется редукция (переопределение точек базиса). Если целевая функция массы в точке 4 больше массы всех предыдущих точек итерации, то выполняется сжатие (точка 5 получается путем отображения точки 4 «внутри» базисного треугольника). После вычисления параметров и массы точки 5 производится анализ полученных вычислений, и выбираются три точки с наименьшей целевой функцией массы для следующей итерации. Расчет ведется до тех пор, пока изменение целевой функции массы на трех итерациях подряд составит менее 5%. Точка с минимальной функцией массы на последней итерации принимается как наиболее оптимальный вариант конструкции. Далее, фиксируются жесткости элементов и геометрия конструкции, результаты расчета выводятся пользователю, после чего расчет останавливается.

Следует отметить, что коэффициенты « γ », « β » и « α » являются коэффициентами растяжения, сжатия и отражения соответственно. В работе [2] приводятся их рекомендуемые значения (авторы приняли $\gamma=2$, $\beta=0,5$ и $\alpha=1$).

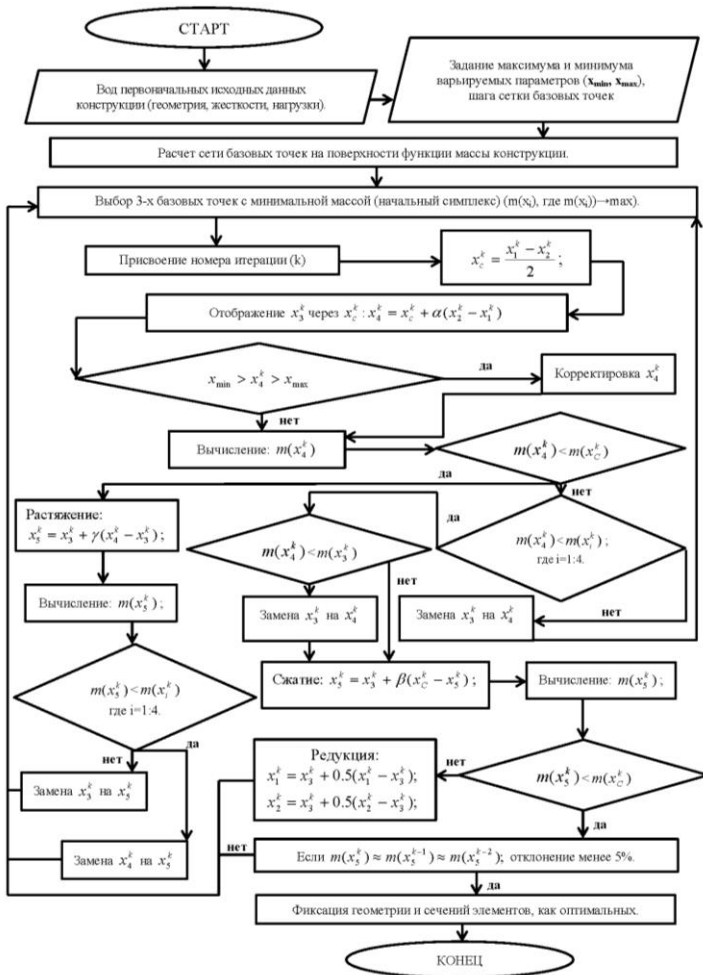


Рисунок 2 - Алгоритм оптимизации структурного покрытия

В качестве базовой конструкции принимается стержневая плита высотой 2.74 м, состоящая из пентаэдров с размерами в плане 3х3м. Исходной жесткостью для всех элементов используется круглая труба 159х12 мм. Конструкция рассматривалась при 4-х вариантах загрузки: 1 - 40 кг/м², 2 - 100 кг/м², 3 - 160 кг/м², 4 - 240 кг/м². Для определения степени влияния положения исходного базиса (на

поверхности целевой функции) на сходимость и точность расчета, при каждом нагружении оптимизация производилась на основе сети из 64 и 16 точек (вся нагрузка приведена к узловой). Результаты расчета представлены в таблице.

Таблица - Результаты оптимизационного расчета стержневой плиты

№ загр.	Масса (т)	Исх. масса (т)*	Δ (%)	Z, м	H, м	Кол-во точек
1	19.72	22.2847	11.5	2.09	1.5	64
	19.72		11.5	3	1.5	16
2	20.8604	23.5105	11.27	4.5	1.5	64
	20.8604		11.27	4.5	1.5	16
3	22.4262	24.8900	9.89	4.5	1.5	64
	22.4262		9.89	4.5	1.5	16
4	26.0885	28.2387	7.61	4.5	1.607	64
	26.4459		6.34	4.5	1.5	16

* - в столбце «Исходная масса» приведена масса конструкции, рассчитанная классическим методом подбора сечений [3] без оптимизации системы

Вывод: разработан эффективный алгоритм оптимального формообразования большепролетных структурных покрытий на нетиповых прямоугольных планах с учетом конструктивного решения узла при оценке устойчивости центрально-сжатых элементов и использовании типовых трубчатых элементов и соединительных коннекторов.

Список литературы:

1. Горохов Е. В., Мушанов А. В. Анализ влияния конструктивных особенностей узловых соединений на несущую способность центрально сжатых стержней структурных покрытий / Металлические конструкции - 2017, т. 23, № 3. – С. 139–151.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / под общ. ред. М.Л. Быхов: Москва – 1975, 536 с.
3. Мушанов В.Ф., Оржеховский А.Н. Экспериментальное исследование прочностных и геометрических характеристик гнutosварных труб прямоугольного сечения украинских производителей / Вестник ДонНАСА – Вып. 2013-3(101), Макеевка. – 2013. - С. 9-12.

УТОЧНЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В СОСТАВЕ ГРУППЫ

Мушанов В.Ф., д-р техн. наук, профессор,
Зубенко А.В., ассистент,
Цепляев М.Н., ассистент

*Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры*

Аннотация. Рассматривается вопрос обеспечения устойчивости стенок вертикальных цилиндрических резервуаров с кровлей мембранного типа от действия ветрового потока возникающего в группе резервуаров. В работе описаны экспериментальные и численные исследования на основе которых определялись значения уточнённых коэффициентов ветрового давления. Далее, с использованием комплекса SCAD Office 21.1, решалась задача рационального размещения колец жесткости на стенке резервуара. В результате приводятся рекомендации по расстановке горизонтальных усиливающих элементов для рассматриваемого типоразмера резервуара.

Ключевые слова: резервуар, устойчивость, метод конечных элементов, цилиндрическая оболочка, ветер, кольца жёсткости.

1. Актуальность проводимых исследований

1.1 Нагрузки на резервуары в группе

Для расчета ветровой нагрузки на здания и сооружения, применяются методики с использованием закономерностей для отдельно взятого сооружения, и нет возможности учитывать влияние рядом расположенного объекта, и поэтому для новых и сложных сооружений, в большинстве случаев, выполняются исследования в аэродинамической трубе, которые являются надежным средством изучения процесса обтекания воздушным потоком зданий, сооружений и их комплексов.

Основные теоретические сведения об архитектурно-строительной аэродинамике, методиках определения ветровой нагрузки на здания и сооружения представлены в ряде работ в т.ч.: Е.В. Горохова, М.А. Березина, Кинаша и др [1-3].

1.2 Эффективность использования колец жесткости

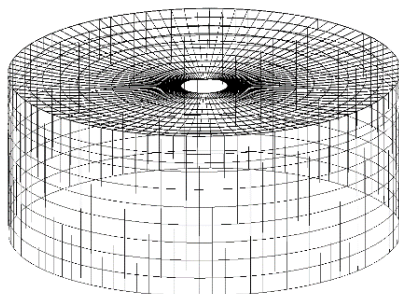
Обеспечить устойчивость стенки резервуара возможно подбором достаточной толщины стенки, либо установкой усиливающих элементов. При проведении капитального ремонта, есть возможность

применения только второго подхода. Анализ нормативных и других источников показал различные требования и рекомендации к шагу и конструкции колец жесткости, что делает актуальным вопросом совершенствования и уточнения существующих методик по усилению стенок резервуаров горизонтальными кольцами жёсткости. В частности в СП 20.13330.2011 указаний по шагу и количеству колец жёсткости не приводится.

Таким образом, целью данного исследования является рациональное расположение колец жесткости с учётом уточнённой эпюры ветрового давления.

2. Численные исследования

Рассматривался вертикальный цилиндрический резервуар объёмом 20 тыс. м³ с высотой стенки 18 м и диаметром 39м. размещении колец жёсткости. Устойчивость резервуара с использованием программного комплекса SCAD Office 21.1 (рисунок 1), по принципу изложенному работе [4].



2.1 Обоснование метода моделирования аэродинамических процессов

Рисунок 1 - Расчётная схема резервуара с мембранной кровлей

В среде SolidWorks Flow Simulation для численного моделирования аэродинамических процессов были созданы расчетные схемы для одиночного ВЦР, и группы из 4х резервуаров в масштабе 1:1, для которого выполнялся эксперимент в аэродинамической трубе МАТ-1 ДонНАСА в масштабе 1:320. При назначении размеров расчетной области, в численных исследованиях, требуется выполнять следующие рекомендации: по вертикали для изолированных сооружений должен составлять $\geq 5H$, расстояние вдоль потока до сооружения $\geq 5H$, и расстояние за сооружением должно составлять $\geq 15H$. При исследовании группы объектов рекомендуется использовать коэффициент загромождения, который равен отношению площади поперечного сечения сооружения к площади поперечного сечения расчетной области, коэффициент не должен превышать 3%. В нашем случае для группы при высоте сооружения 24,89 м ≈ 25 м процент загромождения составит 2,09%. Ширину расчетной области также необходимо назначать, чтобы коэффициент загромождения был менее 3% (Рис. 2).

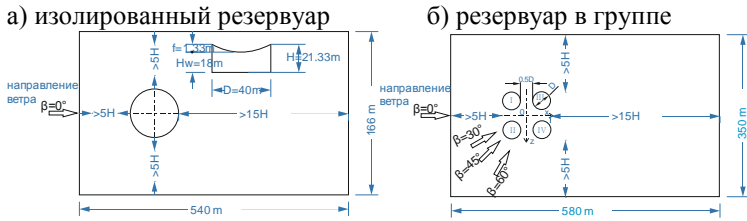


Рисунок 2 - Размер расчётной области для отдельно стоящего резервуара, и в группе из 4х объектов.

2.2 Результаты исследования аэродинамических процессов

По результатам численного эксперимента, получены аналитические зависимости для стенки и кровли резервуара объемом 20 тыс. м^3 с провисающей мембранной кровлей отдельно стоящего (рис. 2, формула 1), и также для резервуара, находящегося в группе из четырех резервуаров одинакового объема (формула 2,3).

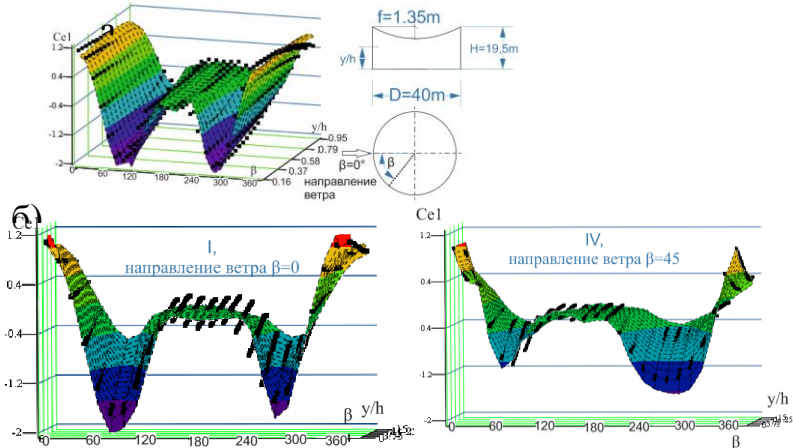


Рисунок 3 - График аэродинамических коэффициентов
а) для отдельно стоящего резервуара; б) для резервуаров в группе.

$$f(a, \beta, z, H/D, f/D) = \sum_{i=0}^4 a_i \cos\left(\frac{\pi\beta \cdot i}{180}\right) \cdot \left(\sum_{i=5}^9 a_i \cdot z^{i-5}\right) + (a_{10} \cdot H/D + a_{11} \cdot f/D) \quad 1)$$

β – угловая координата (рис.1)

$z=y/H$ – соотношения по высоте резервуара.

a – свободные коэффициенты, полученные путем регрессионного анализа экспериментальных данных.

$$f(a, \beta, z, H/D, f/D) = \left[\sum_{i=0}^4 a_i \cos\left(\frac{\pi\beta \cdot i}{180}\right) + \sum_{i=5}^8 a_i \cos\left(\frac{\pi\beta \cdot (i-4)}{180}\right) \right] \cdot \left(\sum_{i=9}^{14} a_i \cdot z^{i-9} \right) + (a_{15} \cdot H/D + a_{16} \cdot f/D) \quad (2)$$

$$f(a, x, y, H/D, f/D) = \sum_{k=0}^{n_\beta} \left(\left(\sum_{i=n_\beta+1}^{n_\beta+3} a_i \cos\left[\frac{\pi x(i-(n_\beta+1))}{180}\right]^i + \sum_{j=n_\beta+4}^{n_\beta+6} a_j \sin\left[\frac{\pi x(j-(n_\beta+4))}{180}\right]^j \right) \right) \left(a_k \cos\left(\frac{\beta \cdot k \cdot \pi}{180}\right) \right)^2 + (a_{18} \cdot H/D + a_{19} \cdot f/D) \quad (3)$$

2.3 Установление закономерностей при усилении ребрами стенок.

Для рассматриваемого резервуара с мембранной кровлей, алгоритм исследования выглядит следующим образом:

1) В комплексе SCAD Office 21.1 моделировалось множество вариантов размещения одного КЖ и методом последовательного приближения определено его положение, при котором стенка наиболее устойчива.

2) Далее проведены аналогичные исследования для случая наличия двух колец жёсткости и зафиксировано их положение, при котором КЗУ стенки оказался максимальным;

3) Используя введённое понятие гибкости (отношение высоты участка к его средней толщине) участка стенки определено отношения λ между участками стенки для случаев обозначенных в пунктах 1 и 2.

4) Далее, основываясь на полученных отношениях между λ в пунктах 1 и 2, а также используя нормативные методики, моделировались случаи наличия от трёх до пяти КЖ на стенке резервуара. Анализируя все рассмотренные варианты, были выделены две принципиальные зависимости обеспечивающих максимальную устойчивость стенки:

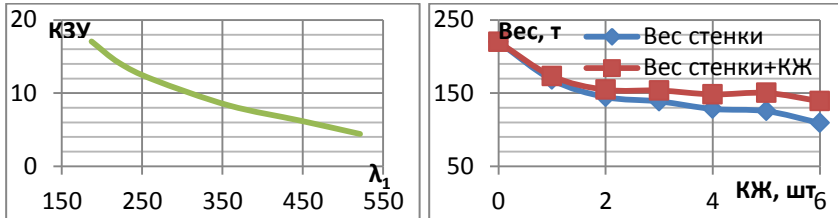
а) для случая размещения одного КЖ - $\lambda_1/\lambda_2=0,8$;

б) для случая размещения двух и более КЖ - $\lambda_1/\lambda_2=0,8$ и $\lambda_i/\lambda_{i+1}=0,85$

Обозначения: λ_1 – гибкость верхнего (первого) участка, λ_2 – гибкость второго участка; участка; λ_i – гибкость i-участка (кроме первого), а λ_{i+1} – гибкость нижележащего (относительного i-го) участка.

2.4 Рациональная постановка ребер жесткости

Для решения данного вопроса были построены графики интенсивности возрастания КЗУ стенки в зависимости от принятой гибкости первого участка (рисунок 4а), а также изменения веса стенки в зависимости от количества колец жёсткости (рисунок 4б).



а) КЗУ от λ_1

б) вес от количества КЖ

Рисунок 4 - Зависимость для резервуара объёмом 20000 м³

С учётом действующей скорости ветра, выражение для определения рекомендуемой гибкости, выглядит следующим образом:

$$\lambda_1 = (29 \div V_p) \cdot \lambda_0 \quad (4), \text{ где}$$

V_p – расчётная скорость ветра, $\lambda_0=330..350$ – рекомендованная гибкость первого участка при расчётной скорости ветра.

3. Выводы

Для цилиндрического резервуара, объёмом 20000 м³ с мембранной кровлей получены следующие результаты:

1) Полученные аналитические зависимости для определения аэродинамических коэффициентов для стенки и кровли резервуара позволят точно определять ветровую нагрузку для резервуаров, находящихся в группе.

2) Определено наилучшее соотношение λ между участками, при котором стенка резервуара оказывается наиболее устойчивой без увеличения общего веса конструкций резервуара.

3) Полученные данные позволяют определить рациональное количество и шаг колец жёсткости при действии уточнённого распределения ветрового давления.

Список литературы:

1. Горохов, Е., В. Мушанов, В. Касимов, Конструкции стационарных покрытий над трибунами стадионов. Макеевка.: ДонГАСА. 2002.
2. Березин, М., Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций. 2003, Новосибирск Олденполиграфия.
3. Кинаш, Р. and А. Копылов, Аэродинамические исследования четырех круглых цилиндров. Вестник НУ" Львовская политехника", " Теория и практика строительства, 2004(495): р. 88-92.
4. Мушанов В.Ф., Цепляев М.Н. Анализ численных и аналитических значений коэффициента запаса устойчивости стенки резервуара. Вестник ДонНАСА. 2018. №3(131). С. 105-115.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НА СРЕЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПУТЕМ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ

Панченко Л.А., канд. техн. наук, доцент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. Удовлетворительного решения вопроса по расчету железобетонных конструкций на действие поперечных сил или на срез до настоящего времени не найдено. Это подтверждает и нормативная литература. Как показали результаты экспериментов для увеличения прочности на срез железобетонных балок можно использовать дополнительное дисперсное армирование, например, стекловолокном.

Ключевые слова: расчет на срез, наклонная трещина, хомуты, дисперсное армирование, стекловолокно.

Проблема прочности на срез железобетонных балок остается актуальной. Свидетельством этому являются существенные изменения в теории их расчета в отечественных нормах и правилах проектирования за три десятилетия [1,2].

В наиболее общем виде условие, на основе которого ведется расчет железобетонных балок с поперечной арматурой и отгибами с целью обеспечения прочности по прогнозируемой наклонной трещине, имеет вид:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{s,inc}, \quad (1)$$

где Q – поперечная сила, получаемая на основе статического расчета;

Q_b – поперечное усилие, воспринимаемое бетоном;

Q_{sw} – поперечное усилие, воспринимаемое хомутами;

$Q_{s,inc}$ – поперечное усилие, воспринимаемое отгибами.

Для усилия Q_b в нормах [1] предложена формула

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}(1+\varphi_f+\varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{c}, \quad (2)$$

где R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение при изгибе;

b и h_0 – ширина и рабочая высота сечения;

c – длина проекции наиболее опасного наклонного сечения на ось балки.

Влияние вида бетона учитывает коэффициент φ_{b2} и принимается в пределах от 1,5 до 2. Влияние сжатых полок в тавровых и двутавровых элементах учитывает коэффициент φ_f . Он принимается не более 0,5. Влияние продольных сил учитывает коэффициент φ_n , который не превышает 0,5.

В издании [2] формула (1) дана без третьего слагаемого в правой части, то есть в предположении отсутствия отгибов. Кроме того, опущена скобка в числителе, что означает отсутствие специфики определения коэффициентов φ_f и φ_n . Но при этом указано, что величина Q_b не должна быть более $2,5 R_{bt} b h_0$ и менее $0,5 R_{bt} b h_0$.

Приняв приближенно $c = h_0$ и подставив в формулу (1) крайние значения φ_{b2} , а именно 2 (для тяжелого и ячеистого бетона) и 1,5 (для бетона D1800 и менее при мелком пористом заполнителе), получаем, что величина Q_b должна быть не более $2 R_{bt} b h_0$ и не менее $1,5 R_{bt} b h_0$.

Таким образом, верхний предел в издании [2] увеличен в 1,25 раза, а нижний уменьшен в 3 раза.

Для усилия Q_{sw} в нормах [1] предложена формула

$$Q_{sw} = q_{sw} c, \quad (3)$$

где q_{sw} – усилие в хомутах на единицу длины балки.

В издании [2] в формулу (3) введен коэффициент φ_{sw} , принимаемый равным 0,75, что свидетельствует о снижении несущей способности хомутов в 1,33 раза.

Различия в тенденциях изменения несущей способности бетона и хомутов не позволяют сделать конкретный вывод о тенденции изменения определения прочности на срез в целом. Она зависит от доли вклада в суммарное усилие каждого из материалов, что создает повод для поиска оптимального решения проблемы прочности на срез, в том числе за счет дополнительных средств.

Существенным вкладом в увеличение прочности на срез железобетонных балок является дополнительное дисперсное

армирование, в частности, стекловолокном. Это показали результаты экспериментов [3,4].

Для армирования бетона рационально использование стекловолокна, имеющего высокую химическую стойкость к щелочной среде. Это стало возможно, благодаря направленной выработке волокон из стекол специальных составов [5,6]. Применяемое в экспериментальных исследованиях цементостойкое волокно выпускается в виде ровинга РЦП-15-190-2520-9. Цифры обозначают: диаметр элементарного волокна в мкм, линейную плотность комплексной нити, линейную плотность ровинга, номер замасливателя. Разрывная нагрузка ровинга – 500 Н, предел прочности при растяжении – 1600 МПа, предельная деформация при растяжении – 2,2%, модуль упругости – 72 ГПа, модуль сдвига – 29,1 ГПа.

Для мелкозернистого бетона использовался песок с модулем крупности 2,56 и насыпной плотностью 1700 кг/м³.

Выходными параметрами были: средняя плотность стеклофибробетона 2250 кг/м³, модуль упругости 22 ГПа, предел прочности на сжатие 23 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе 3,6 МПа.

Были изготовлены пять железобетонных балок с поперечным сечением 150x150 мм длиной 900 мм. Вначале эксперимент проводился для образца без стекловолокна с шагом хомутов 100 мм. В дальнейшем в двух балках без стекловолокна варьировалось расстояние между хомутами (75 и 50 мм), а в двух других – процент армирования стекловолокном длиной 15 мм (0,75% и 1,5%) при расстоянии между хомутами 100 мм.

Четырехточечное нагружение при расстоянии 150 мм между точками приложения сил от домкрата имело статический характер. Образцы испытывались до разрушения при равномерном нагружении. Деформации и перемещения фиксировались электрическими и механическими приборами.

Результаты экспериментов показали, что рост скорости деформаций в балках без стекловолокна падает после нагрузки, при которой образуются трещины. В балках со стекловолокном этот показатель остается почти неизменным.

Установлено, что площадь поверхности распространения трещин возрастает почти вдвое с увеличением процента содержания волокон от 0 до 1,5%. При этом сдерживается развитие магистральной трещины.

Все балки разрушились от среза. В зонах среза формируются магистральная и несколько локальных трещин. Магистральные трещины проходят от опор к точкам приложения нагрузки по мере их роста.

Увеличение процента армирования ведет к увеличению перемещений балки, что говорит о повышении податливости балки на срез [7]. С другой стороны рост числа хомутов ведет к уменьшению перемещений балки и ее хрупкому разрушению.

Наибольший эффект, касающийся предельного нагружения испытанных образцов, достигнут для балки с процентом армирования 1,5%. Предельная нагрузка составила 65 кН, что отличается от соответствующей величины для неармированной балки (50 кН) в 1,3 раза (рост 30%).

В тоже время, наибольший эффект, исходящий из предельного нагружения неармированных образцов, приходится на расстояние между хомутами 50 мм и составляет 16%.

Таким образом, сопоставлением двух вариантов увеличения сопротивления железобетонных балок на срез установлено преимущество дисперсного армирования.

Список литературы:

1. *СНиП 2.03.01 – 84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 79 с.
2. *СП 63.13330-2012*. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2012. 175 с.
3. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Ата Эль Карим Солиман Экспериментальные исследования стеклофибробетонных элементов // *Материалы и технологии XXI века: сб. стат. 3-й Междунар. науч.-техн. конф.* Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та арх. и стр., 2005. С. 119-122.
4. Ата Эль Карим Солиман. Экспериментальное исследование сопротивления срезу балок, армированных стекловолокном // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2011. № 4. С. 6-10.
5. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология / Пер. с англ. С.Л. Баженова. М.: Техносфера, 2004. 408 с.
6. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013, 183 с.
7. Римшин В.И., Кузина Е.С., Филькова Н.В. Инженерные методы обследования жилого дома в городе Москва в ходе работ по программе капитального ремонта // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2017. № 7. С. 36-40.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пирьев Ю.С., доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. В работе рассмотрена область применения пенобетона. Приведены конструктивные схемы зданий малоэтажных домов с применением пенобетона.

Ключевые слова: пенобетон; конструктивная схема; бескаркасное здание; утеплитель; арматура.

Современное строительство отличается разнообразием применяемых материалов, конструкций и технологиями возведения. Одним из важнейших материалов, способствующих расширению и развитию строительного комплекса являются материалы на основе легкого бетона, в том числе, пенобетона. Применение пенобетона также необходимо для выполнения строительных норм по энергосбережению и тепловой защиты зданий.

Одно из направлений развития строительства с применением пенобетона связано с увеличением жилищного строительства, особенно малоэтажного. Многочисленные индивидуальные проекты с разными конструктивными решениями служат основой для решения проблем доступного и комфортного жилья в России.

При выборе конструктивных решений малоэтажных домов часто руководствуются характером и наличием местных строительных материалов и конструкций. Отсутствие достаточных объемов традиционных материалов (керамический и силикатный кирпич, тяжелый бетон и др.) в ряде регионов России не позволяет увеличить объемы строительно-монтажных работ. Известно, что значительная средняя плотность и невысокие теплотехнические свойства конструкции из традиционных материалов приводят к значительному снижению комфортных условий проживания и способствует увеличению затрат по устройству фундаментов.

Одним из факторов, способствующих удорожания строительства малоэтажных домов является применения грузоподъемных машин и механизмов.

Анализ результатов исследований последних лет в области строительства показывают, что решением проблемы энергоэффективных, доступных и комфортных домов является

применение во всех строительных конструкциях здания легких бетонов, в том числе пенобетона.

Применение пенобетона различной средней плотности (от теплоизоляционных до конструкционных высокопрочных) позволяет возвести здания разной конструктивной схемы.

Однослойные несущие стены для одно-двухэтажных домов в бескаркасных зданиях из конструкционно-теплоизоляционного пенобетона марки по средней плотности D700 (класс по прочности на сжатие B1,5 - B2,5), возведенные в виде кладки и армированных пенобетонными перемычками при толщине кладки 400-500 мм могут быть применены для районов средней России. Если армировать такую кладку (арматурную сетку расположить в растворном шве) и применить в качестве перекрытия монолитный пенобетон по профлисту количество этажей можно увеличить до четырех.

Заслуживает внимание и конструкция бескаркасных зданий с несущими стенами из конструкционно-теплоизоляционного пенобетона марки по средней плотности D700 (класс по прочности на сжатие B1,5 - B2,5) и теплоизоляционного пенобетона марки по плотности D300. Технология возведения таких конструкций могут быть разными. Изготовление блоков в заводских условиях и кладкой из мелкоштучных блоков, возведение монолитных стен в условиях строительной площадки. Наиболее перспективными является применение различных растворов на высокоэффективных связующих при возведении стен из мелкоштучных пенобетонных блоков. Поэтому изучению свойств этой кладки уделяют большое внимание. Общая толщина наружных стен составляет 400-500 мм. Совместная работа наружного и внутреннего рядов кладки обеспечивается с помощью гибкой стеклопластиковой арматуры. При возведении из монолитного пенобетона могут быть применены несъемные опалубки и т.д.

После возведения каждого этажа устраивается монолитный пояс из керамзитобетона, армированный арматурным каркасом, в качестве рабочей арматуры используют арматуру класса А400.

Перекрытия могут быть выполнены в сборно-монолитном железобетонном варианте, монолитном по профлисту или из деревянных брусьев. Выполненный согласно нормам и методикам [2,3] расчет по несущей способности показал, что расчетное сопротивление сжатию такой стены, в зависимости от марки раствора, колеблется от 12 до 15 кг/см², что является достаточной для малоэтажных домов.

Конструкция бескаркасных зданий с несущими стенами может быть выполнена с применением сборного и монолитного пенобетона

совместно с другими материалами. Использование сборного и монолитного пенобетона приводит к уменьшению материалоемкости и энергоемкости, и существенному снижению стоимости строительства, также соблюдению требований СП [1].

Многослойные конструкции наружных стен бескаркасных зданий (рис. 1), состоящий из разных материалов, где эффективный пенобетон низкой средней плотности $300-400 \text{ кг/м}^3$ используется в качестве теплоизоляционного слоя. В современном строительстве выполняют два типа слоистых конструкций каменных стен. Наружные слои таких конструкций связывают между собой с жесткими и гибкими связями. Жесткие связи, выполненные из кирпича и других материалов, являются теплопроводными включениями и ухудшают теплотехнические характеристики стен.

Гибкие связи, выполненные в виде арматурной стали и стеклотканевой сетки или арматуры не являются теплопроводными и поэтому не влияют на теплотехнические характеристики кладки. Слоистые каменные конструкции состоят из внутреннего и наружного рядов кирпича или пенобетонных блоков средней плотности ($600-800 \text{ кг/м}^3$), между которыми заполняется монолитный теплоизоляционный пенобетон средней плотности $250-300 \text{ кг/м}^3$.

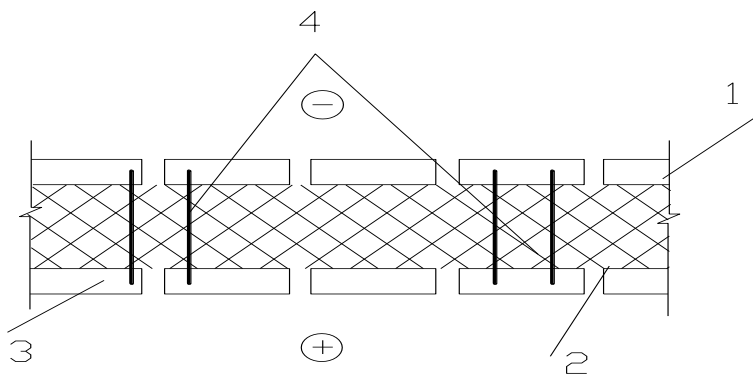


Рисунок 1 - Конструкция стены с эффективным утеплителем
1-кирпич, или блоки из конструкционно-теплоизоляционного пенобетона; 2-монолитный теплоизоляционный пенобетон; 3-кирпич; 4-гибкие связи из стеклопластиковых материалов

Использование деревянного или сборно-монолитного перекрытия приводит к уменьшению нагрузки на стену и сокращению срока строительства.

Конструкция каркасных зданий может быть выполнена в разном варианте, позволяющим гибкую планировку помещения. В таких зданиях возможны очень выгодные сочетания железобетона в качестве несущих конструкций и пенобетона, в качестве ограждающих конструкций. Но последние годы широкое применения получили в качестве материала каркаса различные профили из металла. Это и прокатные профили, и профнастил и стальные оцинкованные тонкостенные профили и др.

Основными несущими элементами каркасной схемы здания является металлические профили, а теплофизические параметры соблюдаются легким пенобетоном. При возведении каркасных зданий пенобетон может быть применен как в сборном, так и в монолитном виде. Относительно небольшой вес металлических профилей приводит к уменьшению массы здания и соответственно нагрузку на фундамент, что и способствует уменьшению размеров фундамента. Индустриальность металлических профилей позволяет сократить сроки строительства.

Как и в бескаркасных зданиях по окончанию возведения каждого этажа устраивается монолитный пояс по периметру. Пояс выполняется из керамзитобетона предварительно армиую арматурным каркасом.

Список литературы:

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012.
2. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции». М.: Минрегион России, 2012.
3. Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. - М.: ОНТИ, 1937. 291 с.

ОБРАЗОВАНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НАЛЕДИ НА СКАТНЫХ КРЫШАХ С НЕОТАПЛИВАЕМЫМ ЧЕРДАКОМ

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, профессор,
Рябчевский И.С., инженер
*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В осенне-зимне-весенний период образование наледи на скатных крышах жилых зданий является одной из основных проблем города. Этот период характеризуется значительными колебаниями температуры от положительной к отрицательной и наоборот, а также большим количеством осадков, что способствует активному образованию на крышах наледи, разрушающей кровлю и подвергающей опасности жизни людей. Рассмотрены причины возникновения наледи и меры предотвращения образования наледи на скатных крышах с неотапливаемым чердаком (предложено решение данного вопроса для Белгородской области с применением блоков АЭРОБЕЛ).

Ключевые слова: Наледь, скатные кровли, неотапливаемый чердак, надстройка мансарды, газобетонный блок, АЭРОБЕЛ.

Практически во всех городах и населенных пунктах, находящихся в климатических зонах с сезонными отрицательными температурами, каждый год на борьбу с наледью на крышах домов расходуются сотни миллионов рублей [1, 2]. В России до настоящего времени эта проблема решалась лишь с использованием средств механического удаления наледи (лопат, ломов и т.д.) [3]. Применение такой технологии на практике повреждает кровельные покрытия, также подвергаются риску здоровье и жизнь рабочих. На оплату этих работ тратятся значительные средства, еще большие средства расходуются на восстановление крыш, пострадавших от механического удаления наледи [4].

При перепадах температуры на внешней плоскости кровли в пределах чердачного помещения и наружных карнизных свесах снег под воздействием тепла, пропускаемого чердачным перекрытием и кровлей, а также от имеющегося отопительного оборудования, начинает таять. Растаявший снег, стекая по наклонной плоскости кровли, попадает на холодные поверхности карнизных свесов и начинает замерзать, образуя наледь.

Нагрев кровли происходит по следующим причинам (рис.1):

– теплоизоляционный слой перекрытий, при долгом периоде эксплуатации, теряет свои изолирующие свойства и, как следствие – увеличивает теплопроводность перекрытий;

– трубопроводы центрального отопления, расположенные вдоль ограждающих конструкций по периметру зданий, увеличивают интенсивность таяния пограничного слоя снега на кровле, а, следовательно, образования наледи и сосулек;

– практически полное отсутствие вентиляции чердачных помещений. Под мауэрлатом и коньком крыши образуются "застойные" зоны перегретого воздуха;

– в зимний период солнечная радиация практически не способствует образованию наледи, поскольку зимой очень малое количество солнечных дней, но весной, при знакопеременных температурах и ясной погоде, она начинает играть существенную роль.

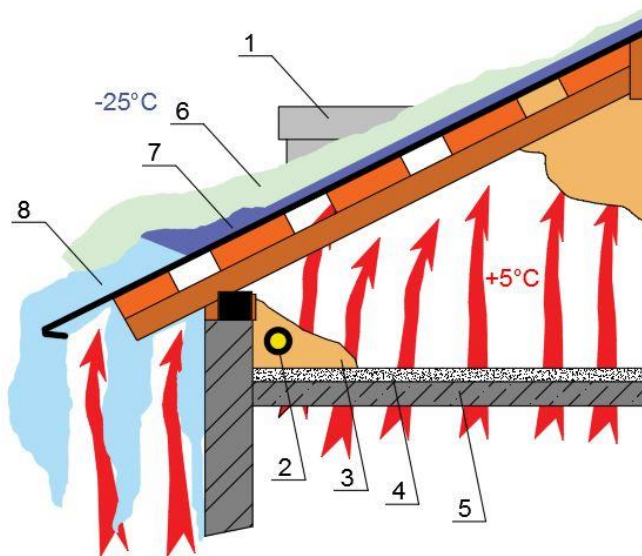


Рисунок 1 - Схема образования наледи на карнизе скатной крыши с неотапливаемым чердаком в зимний период: 1 – слуховое окно; 2 – трубы отопления; 3 – «застойные» зоны; 4 – утеплитель; 5 – плита перекрытия; 6 – снег; 7 – растаявший снег (вода); 8 – наледь

Условно можно выделить несколько этапов проведения работ по предотвращению образования наледи:

- организация дополнительного утепления чердачного перекрытия;
- теплоизоляция трубопроводов центрального отопления и нагревающегося технологического оборудования;
- восстановление (модернизация) естественной вентиляции чердачного пространства (рис. 2) [5].

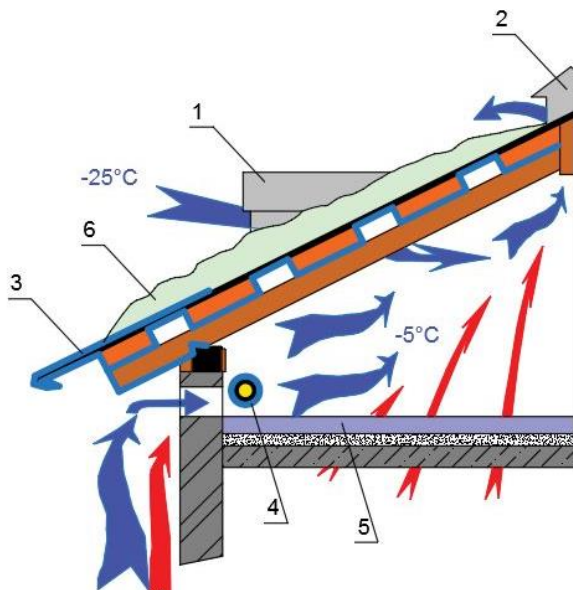


Рисунок 2 - Схема реализации метода ликвидации причин образования наледи на кровле: 1 – слуховое окно; 2 – аэратор коньковой зоны; 3 – сверхтонкая теплоизоляция; 4 – трубы отопления в сверхтонкой изоляции; 5 – дополнительный утеплитель; 6 – снег

При достаточном утеплении чердачного перекрытия, трубопроводов системы отопления, встроенных помещений, вентиляционных каналов, в совокупности применения данных методов не только исключает возможность появления конденсата и ликвидирует подогрев пограничного слоя снега на кровле, но и повышает энергосбережение жилого дома.

Система вентиляции чердачных помещений обязательна в крышах зданий с холодным чердаком любого назначения и любой конфигурации.

В Белгородской области вопрос ликвидации причин образования наледи на крышах жилых зданий стоит очень остро, поскольку данная область находится в климатическом районе с высокой суточной амплитудой температуры воздуха в зимнее время (5,9 °С) и относительной влажностью воздуха в наиболее холодный месяц (84 %) [6].

Поскольку большинство многоэтажных жилых домов в Белгородской области имеют скатные крыши с неотапливаемым чердаком, одним из возможных решений для данных зданий является реконструкция кровли с устройством мансардного этажа. При этом необходимо учесть, что густота застройки и, в некоторых случаях, продолжительный срок эксплуатации многоэтажных жилых домов не позволяет использовать массивные строительные системы с громоздким оборудованием для его устройства [7].

Поэтому наиболее оптимальным способом устройства мансардного этажа является реконструкция с использованием газобетонных блоков АЭРОБЕЛ, так как для устройства ограждающих конструкций стен и перегородок не требуется дополнительное подъемное оборудование (в отличие от металлических каркасов) и, принимая во внимание малый вес блоков, полностью исключается необходимость усиления несущих конструкций существующего здания. Кроме того, устройство ограждающих конструкций из блоков АЭРОБЕЛ и правильной вентиляции мансардного этажа в комплексе обеспечат надежную защиту от наледи на скате кровли в зимний период [8].

Также блоки АЭРОБЕЛ можно использовать при обустройстве кровли. В этом случае обеспечивается теплоизоляция кровли, что напрямую влияет на недопущение образования наледи на кровле [9].

Оценивая анализ процесса образования наледи и методов борьбы с ними, можно прийти к выводу, что нерационально пренебрегать ни одной из строительных систем, ликвидирующих льдообразование, и ограничивающих вентиляцию чердачного помещения. А так как подавляющее большинство управляющих компаний и ТСЖ предпринимают меры лишь по механической очистке крыш, ливневых и водосточных труб многоквартирных домов и общественных зданий от снега и наледи. При этом, не обращая внимания на причины, вызывающие их появление.

Использование выводов и рекомендаций, полученных в результате анализа скатных крыш с холодным чердаком, позволит повысить уровень эксплуатации жилых зданий, избежать повреждений и протечек их фасадов и кровель, обеспечив тем самым требуемые условия для жизнедеятельности населения.

Список литературы:

1. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Соколов Ю.И. Опасные гидрометеорологические явления на территории России // Научно-популярное издание ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Москва. 2009. С. 21-25.
2. Дружинин П.В., Бараш А.Л., Савчук А.Д., Юрчик Е.Ю. Способы недопущения льдообразования на крышах жилых зданий // Технико-технологические проблемы сервиса, №4 (14), 2010. С. 7-13.
3. Горшков А.С., Ватин Н.И., Урустимов А.И., Рымкевич П.П. Расчетный метод обоснования технологических мероприятия по предотвращению образования ледяных дамб на крышах зданий со скатной кровлей // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 29. №3. С. 69-73.
4. Моторин В.М., Прямых С.И., Буяков С.Н., Миргородский А.Н., Литвинюк А.В. Проблемы эксплуатации зданий с двускатными кровлями в зимний период // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2013. № 641. С. 175-178.
5. Башуев Ю.В. Аналитическая записка «Применение сверхтонких теплоизоляционных покрытий серии корунд на объектах ЖКХ, как средства ликвидации конденсата в чердачных помещениях, льдообразования на карнизах и стенах зданий, и реализации положений Федерального закона РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности", г. Санкт-Петербург. – 2011. С. 7-8.
6. СП 131.13330.2011 Строительная климатология // М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.
7. Сулейманова Л.А., Марушко М.В., Лукьяненко А.К. Строительная система из газобетона для реконструкции зданий // Университетская наука. 2018. № 1 (5). С. 21-24.
8. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Огнев Н.В. Особенности проектирования и возведения здания с применением аддитивных технологий строительства // Сборник докладов Zbornik Radova Visoke tehničke škole strukovnih studija г. Ниш, Сербия. 2018. С. 182-186.
9. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической техногенных отходов. БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. С. 218-220.

СРАВНЕНИЕ СПРИНКЛЕРНОЙ И ДРЕНЧЕРНОЙ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шарапов О.Н., ст. преподаватель,
Булах Р.В., студент

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова,*

Аннотация. В данной статье произведено сравнение автоматических систем пожаротушения спринклерного и дренчерного типа. Сравнение произведено на основании рассмотрения технологических решений по устройству, а также конструктивных особенностей, различных сфер и областей применения, принципов срабатывания и функционирования, устройства и конструктива оросителей и многих других факторов, определяющих целесообразность применения данных систем на объектах жилого и общественного назначения.

Ключевые слова: противопожарная безопасность, автоматические системы пожаротушения, спринклерная и дренчерная установки, распылители.

Основная задача систем автоматического пожаротушения состоит в предотвращении распространения пожара с целью сохранения жизни и здоровья людей, а также материальных ценностей и оборудования.

Спринклерная и дренчерная системы пожаротушения является наиболее популярными автоматическими системами борьбы с пожаром, применяемыми на объектах различного назначения [3,5,10].

Спринклерное пожаротушение представляет собой трубопроводы, заполненные огнетушащими веществами, вдоль которых размещаются специальные оросители – спринклеры.

Дренчерное пожаротушение – это один из способов борьбы с возгоранием в основе принципа действия, которого лежит подача системой трубопроводов при помощи специальных отверстий (дренчеров) большой массы воды или пены.

Спринклерное и дренчерное установки – во многом схожи, но существенное отличие между ними заключается в устройстве конечных разбрызгивателей. Также оба исполнения используются в разных условиях и на объектах различного целевого назначения [6,8-11].

В соответствии с нормативными документами автоматические установки, гасящие пожар, должны предусматриваться в зданиях определенного назначения. К ним относятся различные

производственные, административные и общественные здания с большим скоплением людей, устройство подобных систем в частном строительстве нормами не предусматривается. Несмотря на это, некоторые домовладельцы все же оборудуют свои дома пожарной сигнализацией, а то и пожаротушением в связи с чем, также находят применение спринклерная и дренчерная система, гасящая пламя с помощью воды либо других жидких составов или газов [6,8].

Дренчерная схема предназначена для тушения огня на значительных площадях большим количеством воды, поэтому чаще всего ее применяют при пожаре для охлаждения различных опасных объектов, что могут легко воспламениться либо для того, чтобы создать между очагом возгорания и остальным помещением водяную завесу. Объем воды, подающийся за единицу времени дренчерной системой, настолько велик, что последствия ее работы могут превышать урон от пожара. Особенность этого метода в том, что пожарные трубопроводы наполняются водой только после возгорания, по сигналу автоматики или от ручного включения [9-11].

В свою очередь, спринклерная система пожаротушения – это сеть трубопроводов с установленными на них распылителями воды, действующими локально. Ее основное отличие от дренчерной в том, что каждый водяной ороситель (спринклер) срабатывает самостоятельно в автоматическом режиме при наличии в зоне его расположения определенной температуры. Таким образом, при возникновении локального возгорания в помещении сработает один или несколько оросителей, находящихся в зоне повышенной температуры, это и есть принцип работы спринклерной системы пожаротушения.

В отличие от своего аналога, дренчерная установка оборудована распылителем, в котором имеются открытые входные отверстия. При этом нет необходимости в использовании теплового замка. Система начинает работать в момент, когда срабатывает пожарная сигнализация. Делается это автоматически или при помощи ручных дистанционных установок [4,5,7,8].

Немного по другому принципу работает спринклерное пожаротушение. Как говорилось выше, это система из трубопроводов, которая заполнена водой с соответствующим давлением. Также она оснащается оросительными головками. Отверстие в спринклерной головке закрывается тепловым замком. Его расплавление осуществляется, как только температура превышает заданный рубеж. Как следствие, осуществляется локализация огня.

Дренчерная система пожаротушения представляет собой набор оборудования для эффективного тушения очагов возгорания, а также для исключения распространения очагов пламени на другие помещения. Для выполнения процедуры тушения пожара используются специальные оросительные устройства – дренчеры, которые выполнены в виде головок открытого типа.

Спринклерные и дренчерные системы пожаротушения используют для тушения пожара воду, которая распыляется оросительными головками. Также может применяться и пена – все зависит от объекта, на котором устанавливается установка, и класса его пожароопасности. В дренчерной системе подача смеси осуществляется после поступления сигнала от электронного блока в автоматическом режиме или при ручной активации установки человеком. Установки дренчерного типа обеспечивают создание завесы из огнетушащего вещества, которое препятствует распространению огня и эффективно его нейтрализует [2,4-6].

К основным преимуществам систем дренчерного типа относятся:

- 1) высокая эффективность локализации пламени;
- 2) низкая цена и доступность оборудования;
- 3) простота установки и дальнейшего обслуживания;
- 4) возможность одновременной обработки больших площадей;
- 5) создание барьера для распространения продуктов горения – дым, гарь, сажа, тепло, вредные вещества;
- 6) возможность распыления тушащего вещества, как в горизонтальной, так и вертикальной плоскости.

К недостаткам дренчерной установки относятся:

- 1) высокий расход тушащей пены или воды;
- 2) высокая скорость распыляемого потока, что во многих случаях вызывает повреждения помещений [4,7].

Для спринклерной установки выходные отверстия головок закрываются тепловым замком – это специальный элемент, который плавится при определенной температуре, обеспечивая возможность выхода воды или пены из головки. Активация спринклерных систем происходит полностью автономно, когда температура в контролируемой зоне превысит пороговое значение.

Преимущества спринклерной системы пожаротушения:

- 1) простота монтажа оборудования и его последующего обслуживания;
- 2) низкая цена установок;

3) высокие показатели эффективности тушения очагов возгорания разного уровня сложности;

4) возможность применения в помещениях и объектах различного назначения;

5) быстрота установки на объекте без потребности его перепланировки.

Недостатки спринклерной установки:

1) ограничение использования по температурному режиму – при отрицательных температурах заполнение водой трубопроводов исключается;

2) использование большого количества воды для тушения пожара;

3) после срабатывания устройства необходимо выполнять его перезарядку;

4) система может не сработать при появлении задымления, поскольку фактором срабатывания является температура [1,4,7].

Системы спринклерного и дренчерного пожаротушения на первый взгляд кажутся схожими но, если провести сравнение, то можно найти следующие отличия:

1) конструктивные особенности и исполнение – в спринклер входит, так называемый, «тепловой замок» или терморегулируемая колба, которая разрушается при определенных температурных колебаниях. В случае срабатывания установки спринклеры нуждаются в замене, поскольку данные элементы являются не разборными. Дренчеры – оросительные головки открытого типа активируются как вручную, так и удаленно или автоматически;

2) назначение – спринклерное и дренчерное оборудование устанавливается, с целью оперативного реагирования, на объектах самого разного масштаба. Первый вариант системы – одновременно с подачей воды, на место возгорания установка подает автоматический сигнал о возникшем пламени. В роли огнетушащего вещества возможно применение воздушно-механической пены. Дренчерное пожаротушение – возможно по всей площади обслуживаемой зоны;

3) условия работы – дренчерное оборудование применяется на объектах при температурном режиме ниже + 5 °С. Спринклерная конструкция способна работать в экстремальных условиях. Водяной вариант установки применяется исключительно при положительных температурах;

4) разница в скорости срабатывания дренчерной и спринклерной систем пожаротушения. Что касается второго варианта системы, то для срабатывания теплового замка требуется определенное время [1,4,5,7].

Чтобы сделать правильный выбор, необходимо внимательно изучить все сходства и отличия этих устройств. Безусловно, каждая из них способна справиться с поставленной задачей на 100 %, но при учете всех особенностей защищаемого объекта.

Следует отметить, что конструкционное исполнение не единственное отличие, которым характеризуется спринклерная и дренчерная система пожаротушения – отличия состоят также и в принципе срабатывания оборудования. Если спринклер является полностью автономным и срабатывает, когда расплавляется тепловой замок при увеличении температуры, то дренчер активируется от устройства сигнализации или ручной кнопки запуска, входящей в состав системы пожарной безопасности.

Еще один фактор, по которому различают спринклер и дренчер – отличия их состояния в режиме ожидания. Установка первого типа постоянно находится в заряженном состоянии – трубопроводы заполнены либо водой, либо воздухом, а установки второго типа могут быть и не заполненными. Подача воды или пены для воздействия на очаги возгорания осуществляется после подачи сигнала от сигнализации или кнопки ручного пуска [4-6,8,9].

Дренчерная система пожаротушения предназначена для тушения огня на значительных площадях с помощью большого количества воды. Именно поэтому наиболее часто такая система применяется для охлаждения опасных объектов, которые могут воспламениться, или для создания между помещением и очагом возгорания водяной завесы.

Используемый объем воды настолько велик, что последствия такого пожаротушения могут во много раз превышать урон от пожара. Особенностью дренчерной системы пожаротушения является наполнение пожарных трубопроводов лишь после возгорания — по сигналу автомата или от ручного включения.

В то же время спринклерная система пожаротушения представляет собой сеть трубопроводов с вмонтированными на них распылителями воды, функционирующими локально. Основным отличием спринклерной системы от дренчерной является самостоятельное автоматическое срабатывание водяного оросителя при наличии в зоне его размещения определенной температуры. Таким образом, при локальном возгорании в помещении сработает один или сразу несколько оросителей, расположенных в зоне повышенной температуры [4,7,8].

Спринклерные и дренчерные системы – одни из самых доступных на рынке оборудования для пожаротушения. Назвать конкретную цену

устройства не представляется возможным в связи с тем, что она складывается из разных составляющих и зависит от:

- 1) площади помещения;
- 2) необходимого количества спринклеров с тепловыми замками;
- 3) необходимого количества труб;
- 4) необходимого количества запорной арматуры (обратные клапаны);
- 5) насосного оборудования;
- 6) резервного накопителя воды.

Основным параметром ценообразования все же остается площадь помещения. Именно от нее зависит количество материалов и комплектующих. Цены на услуги компаний, проектирующих и монтирующих пожарные системы, тоже могут немало различаться [1,5].

По степени надежности оба варианта установок, опять же, примерно одинаково хороши. Это обусловлено качеством конструктивных элементов. Например, для установки спринклеров не требуется использование специальных уплотнителей, так как резьбовое соединение уже оснащено герметиком. Но перед принятием решения, какой системе отдать предпочтение, следует учесть скорость срабатывания каждой из них. Нельзя забывать и о некоторых издержках работы, которыми отличается спринклерная установка. Речь о небольшой степени инерционности такой системы, ведь при колебаниях температуры она может сработать, даже если отсутствуют очаги возгорания [1,3,10].

Таким образом, использование и спринклерной, и дренчерной установки оправданно, в особенности, когда речь идет о крупных объектах, где отсутствует персонал на протяжении некоторого отрезка времени или постоянно. Это позволяет локализовать пожар на начальной стадии, не давая ему распространиться по всей территории объекта. Основным преимуществом является возможность избежать вероятности причинить непоправимый ущерб имуществу и помещениям, которые обслуживаются такими установками.

Если подытожить выше сказанное, то можно сделать выводы, что спринклерные и дренчерные установки пожаротушения отличаются высокой эффективностью работы, если они применяются с учетом особенностей защищаемого объекта. В таком случае можно получить максимальный показатель защиты, что позволит эффективно справиться с огнем, если возникнет пожар. При потребности, можно устанавливать комбинированные системы, используя частично и дренажные и спринклерные устройства борьбы с возгораниями.

Список литературы:

1. Таранцев А.А., Танклевский Л.Т., Снегирёв А.Ю. Оценка эффективности спринклерной установки пожаротушения / Пожарная безопасность, 2015. – №10. – С.72-79.
2. Михайлов Л.А. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: ДЕАН, 2014. – 669 с.
3. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч.2. Автоматические установки пожаротушения: учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.
4. Долговидов А.В., Терещнев В.В. Автоматические установки порошкового пожаротушения. – М.: Пожнаука, 2008. – 254 с.
5. Собратьев С. В. Установки пожаротушения автоматические: Учебно-справочное пособие, – 7-е изд., перераб. – М.: ПожКнига, 2012. – 336 с.
6. Соломин В.П., Михайлов Л.А. Пожарная безопасность: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 224 с.
7. Мешман Л.М., Былинкин В.А., Губин Р.Ю. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения. – М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2009. – 570 с.
8. Терещнев В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 1: Жилые и общественные здания и сооружения. – М.: Пожнаука, 2006. – 314 с.
9. Русак О.Н. Противопожарная безопасность. – М.: Пожнаука, 2013. – 224 с.
10. Мироньчев А.В, Терещнев С.Н, Кондрашин А.В, Филиппов А.Г. Пожарная безопасность в строительстве: учебник (2 издание). – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2014. – 274 с.
11. Смирнов С.Н. Противопожарная безопасность. – М.: ДиС, 2010. – 144 с.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ЗАДАНЫХ СРОКОВ

**Шарапов О.Н., ст. преподаватель,
Бутлов А.Н., магистрант,
Булах Р.В. студент**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Приватизация в 90-е годы большей части недвижимости, и появление частной собственности, изменяет направления в строительстве и ставит новые, более сложные задачи приведения существующих зданий в соответствие с современными строительными нормами и правилами и пожеланиями заказчика. Стремительный рост объемов капитальных вложений в реконструкцию вызван инвестиционной и социальной политикой. Наиболее актуальной стала задача осуществления реконструкции объектов без прерывания эксплуатации, дабы избежать материальных потерь, связанных с остановкой производства на промышленных объектах, а также временной арендой и переездом для общественных зданий. Качественная реконструкция объектов без прекращения эксплуатации возможна только при соответствующем высоком уровне организации работ. Остро стоит вопрос выбора правильных организационно-технологических решений.

Ключевые слова: Строительство, планирование, управление, организация процессов строительства,

В настоящее время практика строительства, связанная с областью календарного планирования, свидетельствует о том, что не соблюдение своевременного выполнения строительных работ влечет за собой значительное увеличение фактической продолжительности таких работ по отношению к её плановой продолжительности и соответствующему технико-экономическому плану (ТЭП) [1,2]. В связи с чем, необходимо предусмотреть возможное возникновение задержек, а также учесть возможность осуществления мероприятий по снижению этого риска, обосновав предельные характеристики случайных длительностей работы, разработку реализующих их моделей генераторов.

Управление рисками включает в себя формальные методы определения, оценки, анализа, а также предупреждения возникновения и как следствие принятия мер по снижению всех рисков на протяжении

всего жизненного цикла проекта и распределения вероятно возможного ущерба от риска между участниками проекта [3].

В то же время, планирование и управление риском, связанным с несвоевременным выполнением работ является способом, обеспечивающим организацию процессов строительства объектов в оптимальные сроки и в свою очередь с обеспечением высокого качества работ и минимизации затрат труда, материальных ресурсов и денежных средств [4,5,1].

В связи с чем, использование метода статистического определения и распределения ущерба между участниками проекта от несвоевременного завершения строительства объекта по критериям увеличения стоимости виртуальных затрат на строительство, а также уменьшения дисконтированных инвестиций и чистой приведенной стоимости доходов, влекущее за собой теоретическое определение аппроксимирующей зависимости с целью их дальнейшего использования в договорах, заключенных между участниками строительства является актуальным в настоящее время и находит все более широкое применение в сфере строительства, в частности, в области календарного планирования. Итогом статистического эксперимента на основе КП является всестороннее исследование экспоненциального генератора случайных длительностей, в том числе в качестве основного параметра стохастическое изменение среднего показателя позднего выполнения работ, а также разработка методика его определения с использованием программы MS Project, основанной на использовании метода стохастической квалитметрии.

В детерминированном подходе зависимости между свойствами исследуемых объектов выражаются как прямые функциональные связи, в то время как при вероятностном подходе такого рода вероятности выражаются функцией распределения. Следует особо подчеркнуть, что понятие распределений напрямую связано с понятием случайных величин, которые в свою очередь изменяют свое значение неопределенным образом. Такое значение имеет относительно стабильную частоту возникновения. На основе распределений разработаны модели теории вероятностей и математической статистики.

Осуществлять более углубленный и сложный анализ поставленной задачи позволяет метод ПЕРТ, заключающийся в определении сроков выполнения каждого действия, а также наиболее вероятной их продолжительности.

Перечень необходимых исходных данных, используемых для расчета сетевого графика методом ПЕРТ включает в себя:

- 1) комплекс задач (операций, работ), проекта (процесса);
- 2) связь между выполняемыми работами;
- 3) 2-3 вероятностные оценки продолжительности каждой работы;
- 4) календарь рабочего времени проекта;
- 5) календарная дата начала проекта.

Весь комплекс входных данных, кроме первых трех типов данных, используемых в ручном учете, применяются в машинном учете.

Далее стоит более детально познакомиться с принципом расчет сетевого графика с вероятностным временем выполнения при использовании метода ПЕРТ. Вероятностное сетевое расписание – это своего рода расписание, в котором длительность работ (задач) имеет несколько оценок.

Каждая работа характеризуется несколькими временными оценками:

1) оптимистическая оценка (t_{minij}) – минимально возможный период времени, в течение которого работа может быть проведена при самых благоприятных условиях.

2) наиболее вероятная оценка ($t_{нвij}$) – возможный период времени, в течение которого работа могла бы быть завершена, если бы требовалась только одна оценка.

3) пессимистическая оценка (t_{maxij}) – максимально возможный период времени, в течение которого работа может быть выполнена в самых неблагоприятных условиях.

Наиболее часто с целью определения предполагаемой продолжительности работ встречаются два способа их оценки.

Первый метод требует двух временных оценок для каждой работы, в частности (t_{minij}) и ($t_{нвij}$). В расчетах также используется расчетная продолжительность работы, определяемая по формуле:

$$t_{расчij} = \frac{3t_{minij} + 2t_{нвij}}{5}$$

Второй метод требует установления всех трех временных оценок для каждой работы, то есть (t_{maxij}), (t_{minij}) и ($t_{нвij}$), в таком случае расчетная продолжительность работы, определяемая по формуле:

$$t_{расчij} = \frac{t_{minij} + 4t_{нвij} + t_{maxij}}{6}$$

Существует предположение, что имеет место лишь незначительная возможность того, что расчетное время выполнения операции (t_{minij}) выйдет за пределы значений ($t_{нвij}$) и (t_{maxij}). Чтобы определения

вероятности выполнения производственного процесса в срок необходимо построить сетевой график производственного процесса, строго соблюдая логическую последовательность выполнения отдельных работ процесса.

Так как методика построения сетевого графика с детерминированным временем выполнения операций аналогична методике построения сетевого графика с вероятностным временем выполнения операций. Алгоритм расчета сетевого графика с вероятностным временем выполнения работ включает следующие основные этапы:

Этап определения ожидаемого времени выполнения работ $t_{ожij}$ ($t_{расчij}$), который может быть осуществлен с использованием как трех, так и двух оценок продолжительности выполнения работ. Чаще всего для задачи используют три вероятностные оценки.

Этап расчета сетевого графика использует методику расчета с детерминированным временем выполнения работ.

Определение степени неопределенности при выполнении работ, лежащих на критическом пути, осуществляется при помощи оценки степени неопределенности выполнения той или иной работы при которой применяется дисперсия. В первом методе дисперсия рассчитывается по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(t_{maxij} - t_{minij})^2}{5^2}$$

При выборе второго метод дисперсия может быть рассчитана по следующей формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(t_{maxij} - t_{minij})^2}{6^2}$$

Для определение вероятности завершения комплекса работ в заранее установленный директивный срок сначала необходимо определить по формуле аргумент функции нормального распределения Z:

$$z = \frac{T_{дир} - T_x^p}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

где: T_x – ранний период наступления финального, завершающего события;

$\sqrt{\sum \sigma^2}$ – сумма дисперсий работ, лежащих на критическом пути. Функция распределения P(x) используется для определения вероятности

завершения комплекса работ в установленный директивный период. Вероятность выполнения производственного процесса в заданный директивный срок определяют при помощи таблицы значений функции нормального распределения и метода интерполяции.

Расчет вероятности завершения производственного процесса в течение заданного периода времени тем более необходим, когда установленный руководством директивный срок $T_{дир}$ меньше, чем самая ранняя дата окончания, конечного события $T_{кр}$. В этом случае необходимо принять $T_{кп}$, то есть последнюю дату наступления заключительного, завершающего мероприятия, равным директивному сроку. Лежащие на критическом пути резервы времени событий, оказываются отрицательными, а это будет означать, что события не могут произойти в течение заданного периода времени без уменьшения продолжительности критических работ. [6, 7].

В модификациях метода ПЕРТ утверждается, что исходная информация о функциях распределения длительности выполнения работ или об индивидуальных числовых характеристиках этих функций может быть получена на основании проведения анализа и последующей обработки статистических данных с помощью экспертных оценок или путем моделирования процесса выполнения отдельных работ.

Список литературы:

1. Лучков И.. Офисная недвижимость в Санкт-Петербурге. Ведомости Форум, 2014. №11.
2. Миловидов Н. Н., Орловский Б. Я. Жилые здания: Учеб. Пособие для архит. и строит, спец. Вузов/Под общей ред. Н. Н. Миловидова, Б. Я. Орловского, А. Н. Белкипа -М.: Высш. Шк., 1987.-151 с.
3. Лapidус А.А. Организационное проектирование и управление крупномасштабными инвестиционными проектами.// Вокруг света. 1997.- №7
4. Доста В.В. Выбор рациональных вариантов реконструкции жилых зданий // Жилищное и коммунальное хозяйство. 2001, -№4
5. Ершов М.Н., Ширшиков Б.Ф. Реконструкция общественных зданий без остановки их эксплуатации. Промышленное и гражданское строительство, 2004.-№5
6. Кочерженко В.В., Кочерженко А.В. Технология производства работ при реконструкции.. — Белгород.: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. — 311 с.
7. Кочерженко В.В., Лебедев В.М.. Технология реконструкции зданий и сооружений Издательство Ассоц. строит. вузов, 2007. — 221 с.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ФЕРМ

**Юрьев А.Г., д-р техн. наук, профессор,
Зинькова В.А., ст. преподаватель**

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Рассматривается эволюция проектировочных расчетов ферм, представленная с учетом их востребованности в настоящее время. В условиях реального проектирования весовая оптимизация, а также идея равнопрочной фермы не всегда приводят к желаемым результатам. Интерес представляют методы решения задач синтеза статически неопределимых стержневых систем, основанные на энергетическом критерии минимума потенциальной энергии деформации.

Ключевые слова: расчет ферм, структурный синтез, критерий минимума потенциальной энергии деформации.

Теория синтеза ферм берет свое начало в XIX веке в трудах А. Морена и К. Кульмана. Позднее М. Леви [1], Дж. Максвелл [2] Дж. Мичелл [3] сформулировали теоремы о равнопрочных фермах.

Теорема Леви гласит: из всех ферм заданных возможных конфигураций при одном нагружении без учета потери устойчивости стержней найдется такая статически определимая, вес которой будет не больше веса любой другой.

Остановим внимание на возможности варьирования конфигурации фермы, приводящей к минимуму расхода однородного материала при исключении проблемы устойчивости стержней.

Последующие исследования показали, что весовая оптимизация в условиях реального проектирования, то есть при обеспечении устойчивости стержней, не всегда приводит к желаемым результатам.

Идея равнопрочной фермы становится невыполнимой, поскольку растянутый и сжатый стержни, имеющие одинаковые по модулю усилия, будут иметь различные по площади поперечные сечения.

Тем не менее в историческом плане представляют интерес методы решения задач синтеза статически неопределимых стержневых систем, основанные на этой идее [4-6].

Эти методы, содержащие повторные анализы, страдают тем недостатком, что окончательный выбор поперечных сечений в большой степени зависит от совокупности исходных предположений. В реальности для статически неопределимых конструкций приближения

оказываются слишком громоздкими и включают в себя решение большого числа нелинейных уравнений.

В.А. Киселев [7] провел исследование влияние площади сечения лишнего стержня на продольные силы и напряжения во всех остальных лишних стержнях фермы. В отдельных случаях варьированием площади сечения стержня можно изменить знак продольной силы в другом стержне. При проектировании так называемых ферм равного сопротивления (без учета проблемы устойчивости) это не нарушает вычислительный процесс.

Предложенный автором проектировочный расчет ферм с учетом проблемы устойчивости по методу напряжений нарушается при изменении знака продольной силы хотя бы в одном стержне. Проблематична корректировка начальных данных.

В большинстве обзореваемых работ не рассматриваются проектировочные расчеты, касающиеся геометрии и топологии фермы, которые требуют особого подхода.

В основу проектного критерия должна быть положена не экономическая категория типа минимума объема (массы стоимости) материала, а энергетический критерий, используемый для анализа напряженно-деформированного состояния систем. Вариационные принципы механики деформируемого твердого тела имеют энергетическую природу. С другой стороны, проверочные и проектировочные расчеты должны иметь единую методологическую основу.

Вариационные принципы синтеза несущих конструкций [8] для частного случая ферм изложены в работе [9]. В случае однородного линейно-упругого материала (модуль E) проектным критерием является минимум потенциальной энергии деформации

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2 l_i}{2E\varphi_i^2 A_i} \quad (1)$$

(n – число стержней с внутренними усилиями N_i) при варьировании топологии, геометрии (длин l_i), площадей сечений (A_i). Для растянутых стержней коэффициент продольного изгиба $\varphi_i=1$.

В частном случае варьирования A_i проектный критерий имеет выражение:

$$\sigma_i / \varphi_i = \text{const.} \quad (2)$$

Проектировочный расчет в значительной мере упрощается при принятии постоянного коэффициента φ_i , то есть в предположении постоянства гибкости стержней. Этому должны сопутствовать соответствующие радиусы инерции при формировании конфигурации сечения. В таком случае равнонапряженность будет присуща как растянутым, так и сжатым стержням, хотя модули напряжений будут отличными.

В реальности лишь ферма с растянутыми стержнями может быть равнонапряженной.

При оптимизации топологии и геометрии фермы [10, 11] принимается следующий порядок расчета: 1) задаем произвольную начальную конфигурацию фермы, ее директивные параметры, коэффициент φ ; 2) устанавливаем параметры изменения конфигурации θ_i ($i=1, 2, \dots, n$); 3) определяем выражения внутренних усилий в стержнях; 4) выделяем стержни с переменным знаком усилий и назначаем знаки в начальном приближении; 5) записываем выражение потенциальной энергии деформации по формуле (1); 6) выводим уравнения на основе условий удовлетворения критерию оптимальности конфигурации: $\partial U / \partial \theta_i = 0$ ($i=1, 2, \dots, n$); 7) решаем систему алгебраических уравнений; 8) проверяем удовлетворение принятым знакам внутренних усилий, при необходимости производим их корректировку и возвращаемся к четвертому этапу расчета.

Заметим, что оптимизация топологии сопряжена с введением функций и матриц влияния, обеспечивающих компактное представление решения задачи. Частным случаем вариации топологии ферм является постановка восходящих или нисходящих раскосов. Глобальный минимум функционала (1) гарантирует минимум расхода материала, в то время как непосредственная минимизация объема не дает такой гарантии. Преимущества в экономии материала имеют фермы с преобладанием растянутых стержней, которых не касается проблема устойчивости равновесия.

Перспективное направление совершенствования структуры ферм прослеживается в работе [12]. В ней приведен расчет оптимальных параметров плоскоовальных труб по приближенной методике, корректность которой подтверждена тестированием с использованием стандартизированных профилей. Представлена новая компоновка решеток из плоскоовальных профильных труб, разработанная для ферменных систем на базе стальных прутковых конструкций покрытий с заменой прутковых гнутых элементов на трубчатые.

Изменение структуры конструкций встречается при реконструкции зданий и сооружений после оценки их остаточного ресурса [13]. Предложенный проектировочный расчет ферм на основе энергетического критерия может быть использован для их усиления.

Список литературы:

1. Levy M. La statique graphique et ses applications aux constructions, 1873.
2. Maxwell J.C. On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames // The Scientific Papers of James Clerk Maxwell. 1890. V. 2. P. 175-177.
3. Michell A.G.M. The limits of economy of material in framestructures // Philosophical Magazine and Journal of Science. 1904. V. 8. sixth Series. № 47.
4. Pippard A.I.S. On a method for the direct design of framed structures having redundant bracing // Tech. Rep. Aero. Res. Comm. London, for Year 1922-1923.
5. Рабинович И.М. К теории статически неопределимых ферм. М.: Транспечать, 1933. 120 с.
6. Хуберян К. М. К расчету статически неопределимых ферм. Тбилиси: НИСоор, 1938. 82 с.
7. Киселев В.А. Строительная механика. Изд. 3-е доп. М.: Стройиздат, 1976. 511 с.
8. Юрьев А.Г. Строительная механика: синтез конструкций. М.: изд. МИСИ, 1982. 100с.
9. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. Белгород: изд-во БелГТАСМ, 2002. 90 с.
10. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. №5. С. 46-48.
11. Юрьев А.Г. Оптимизация топологии и геометрии конструкций. Белгород: изд-во БГТУ. 2018. 96 с.
12. Марутян А.С., Абовян А.Г. Расчет оптимальных параметров плоскоовальных труб для ферменных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2017. № 4 (273). С. 17-22.
13. Остаточный ресурс конструкций зданий и сооружений / А.Н. Дегтярь, И.Р. Серых, Л.А. Панченко, Е.В. Чернышева // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. №10. С. 94-97.

ОПИСАНИЕ НОРМАТИВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СЖАТИИ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ФУНКЦИЕЙ

Смоляго Г.А., д-р техн. наук, профессор,
Фролов Н.В., аспирант

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. В статье отмечается, что важной составляющей расчета железобетонных конструкций по деформационной модели являются полные диаграммы деформирования материалов, устанавливающие связь между нормальными напряжениями и относительными деформациями. Рассмотрены диаграммы деформирования бетона при сжатии по СП 63.13330.2012. Из них для более точных расчетов конструкций рекомендуется применять криволинейную диаграмму деформирования, но при ее описании аналитической функцией предложенной Н.И. Карпенко имеются некоторые особенности, усложняющие расчет. Для избегания этих сложностей в статье предлагается использовать полиномиальную функцию описания нормативной криволинейной диаграммы деформирования. Приведены коэффициенты полиномиальной функции для случая кратковременного сжатия бетона.

Ключевые слова: диаграмма деформирования, бетон, сжатие, напряжение, относительная деформация.

В последнее время активно разрабатываются единые методы расчета железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформативности на основе деформационной модели [1]. Важную роль здесь играют полные диаграммы деформирования материалов, устанавливающие связь между нормальными напряжениями и относительными деформациями.

Согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» при расчете по деформационной модели для сжатого бетона в качестве расчетных диаграмм могут быть использованы двухлинейная, трехлинейная и криволинейная диаграммы с обозначенными экстремумами, граничными значениями и др. (Рис. 1).

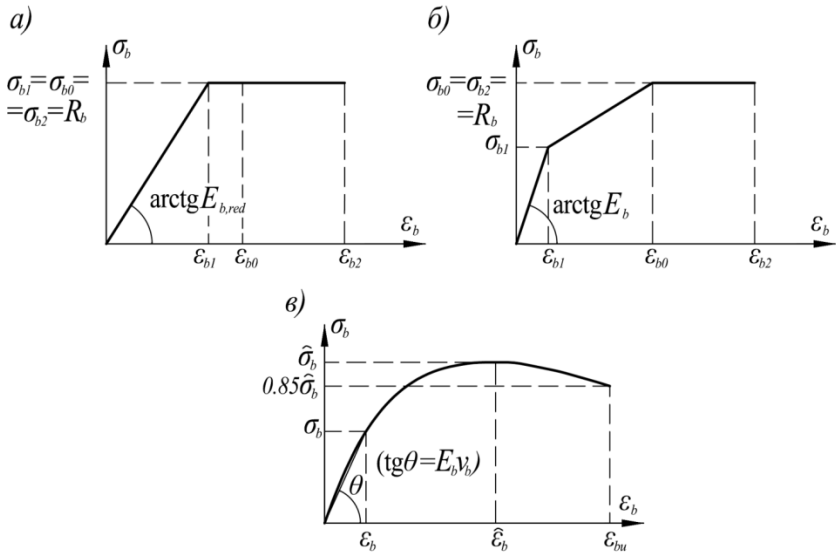


Рисунок 1 - Диаграммы деформирования бетона при одноосном сжатии по СП 63.13330.2012:

a – двухлинейная; *б* – трехлинейная; *в* - криволинейная

При двухлинейной диаграмме деформирования бетона (Рис. 1, *a*) связь между нормальными напряжениями σ_b и относительными деформациями ε_b устанавливается согласно выражений:

$$\text{при } 0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}, \text{ где } \varepsilon_{b1} = \frac{R_b}{E_{b,red}}, \text{ а } E_{b,red} = \frac{R_b}{\varepsilon_{b1,red}},$$

$$\sigma_b = E_{b,red} \varepsilon_b; \quad (1)$$

при $\varepsilon_{b1} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$,

$$\sigma_b = R_b. \quad (2)$$

При трехлинейной диаграмме деформирования бетона (Рис. 1, *б*) σ_b устанавливаются согласно выражений:

$$\text{при } 0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}, \text{ где } \varepsilon_{b1} = \frac{\sigma_{b1}}{R_b}, \text{ а } \sigma_{b1} = 0.6R_b,$$

$$\sigma_b = E_b \varepsilon_b; \quad (3)$$

при $\varepsilon_{b1} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b0}$,

$$\sigma_b = \left[\left(1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right) \cdot \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right] \cdot R_b. \quad (4)$$

при $\varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$, также как и по формуле (2).

При криволинейной диаграмме деформирования бетона (Рис. 1, в), связь между относительными деформациями и нормальными напряжениями определяется аналитической функцией, предложенной проф. Н.И. Карпенко [2]:

$$\varepsilon_b = \frac{\sigma_b}{E_b \nu_b}, \quad (5)$$

где ν_b – коэффициент изменения секущего модуля, определяемый по формуле:

$$\nu_b = \hat{\nu}_b \pm (\nu_0 - \hat{\nu}_b) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}, \quad (6)$$

где $\hat{\nu}_b$ – значение коэффициента изменения секущего модуля когда $\sigma_b = \hat{\sigma}_b$; ν_0 – начальный коэффициент изменения секущего модуля; ω_1 и $\omega_2 = 1 - \omega_1$ – безразмерные коэффициенты; $\eta = \sigma_b / \hat{\sigma}_b$ – относительная напряженность бетона.

В формуле (6) знак плюс принимают для описания восходящей ветви диаграммы, а минус – нисходящей, которую разрешается использовать до напряжений $\sigma_{bu} = 0.85 \hat{\sigma}_b$. При этом для обеих ветвей диаграммы $\hat{\sigma}_b = R_{b,ser}$, а

$$\hat{\nu}_b = \frac{\hat{\sigma}_b}{\hat{\varepsilon}_b E_b}, \quad (7)$$

где $\hat{\varepsilon}_b$ – величина относительных деформаций когда $\sigma_b = \hat{\sigma}_b$, которая в зависимости от класса бетона B , находится по формуле:

$$\hat{\varepsilon}_b = \frac{B}{E_b} \lambda \frac{1 + 0.75 \lambda B / 60 + 0.2 / B}{0.12 + B / 60 + 0.2 B}, \quad (8)$$

где $\lambda = 1$ для тяжелого и мелкозернистого бетона.

Для восходящей ветви $\nu_0 = 1$, $\omega_1 = 2 - 2.5\hat{\nu}_b$. Для нисходящей ветви $\nu_0 = 2.05\hat{\nu}_b$, $\omega_1 = 1.95\hat{\nu}_b - 0.138$.

Для наглядности на рисунке 2 представлены диаграммы деформирования бетона класса В25 при кратковременном одноосном сжатии, построенные при помощи выражений (1-2), (3-4) и (5) по СП 63.13330.2012. Отметим, что здесь при построении кусочно-линейных диаграмм принято $R_b = R_{b,ser}$.

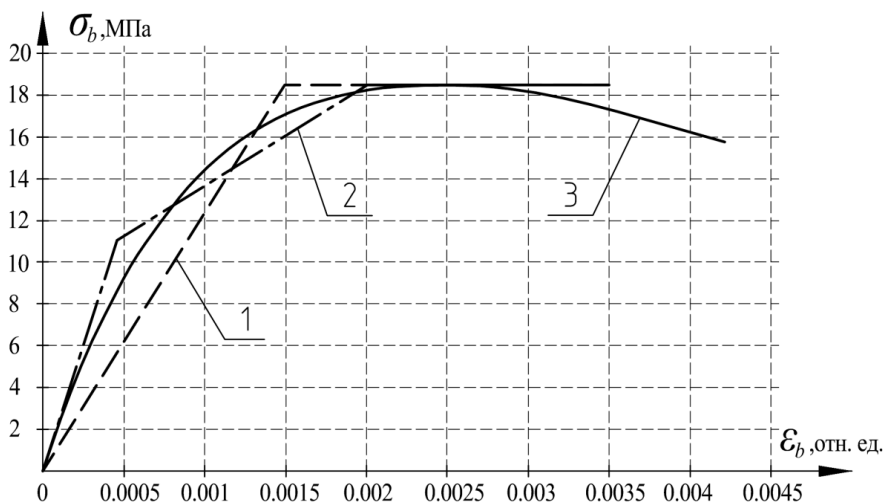


Рисунок 2 - Диаграммы деформирования бетона класса В25 при кратковременном сжатии по СП 63.13330.2012:

1 – двухлинейная; 2 – трехлинейная; 3 – криволинейная

Кусочно-линейные диаграммы являются упрощенными, поэтому они приближенно описывают деформирование бетона при сжатии [3]. Для более точных расчетов железобетонных конструкций (особенно по второй группе предельных состояний) применяют криволинейную диаграмму деформирования, которую рассмотрим подробнее. Основные параметры такой диаграммы, рассчитанные по формуле (5) при кратковременном одноосном сжатии для наиболее распространенных классов конструкционного бетона приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные параметры нормативной криволинейной диаграммы деформирования бетона при кратковременном сжатии рассчитанные по формуле (5)

Класс бетона по прочности на сжатие	Начальный модуль упругости бетона при сжатии E_b , МПа·10 ⁻³	Напряжения, МПа		Относительные деформации, отн. ед.		Коэффициент изменения секущего модуля	
		$\hat{\sigma}_b$	σ_{bu}	$\hat{\varepsilon}_b$	ε_{bu}	$\hat{\nu}_b$	ν_{bu}
B15	19,5	11,00	9,35	0,00241	0,00419	0,234	0,115
B20	22,0	15,00	12,75	0,00247	0,00420	0,276	0,138
B25	24,0	18,50	15,73	0,00253	0,00422	0,305	0,155
B30	26,0	22,00	18,70	0,00254	0,00419	0,333	0,172
B35	27,5	25,50	21,68	0,00259	0,00420	0,358	0,187
B40	28,5	29,00	24,65	0,00267	0,00427	0,381	0,202

Аналитическая функция криволинейной диаграммы деформирования бетона при сжатии (5) отражает зависимость между напряжениями и относительными деформациями наиболее приближенно к экспериментальным данным (в том числе и для высокопрочных бетонов), но имеет некоторые особенности, усложняющие расчет железобетонных конструкций. Во-первых, согласно выражению (6) она состоит из двух частей (восходящая и нисходящая ветвь). Двойной знак \pm и разные значения коэффициентов ν_0 , ω_1 , ω_2 всегда приводят к неудобствам в расчетах [4, 5]. Во-вторых, величина коэффициента изменения секущего модуля деформации ν_b является функцией уровня действующих напряжений, в то время как большинство расчетов выполняются по значениям деформаций. В-третьих, при кажущейся на первый взгляд компактности функция (5) сложно поддается интегрированию.

Избежать всех указанных сложностей позволяет использование функции в виде полинома с целым показателем степеней k . Причем для случая сжатия бетона рекомендуется принимать $k = 1 \dots 5$. Отсюда, эта функция имеет вид [6]:

$$\sigma_b = R_b \sum_{i=1}^{k=5} a_k \left(\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{bR}} \right)^k, \quad (9)$$

где: $a_k = a_1, a_2 \dots a_5$ – коэффициенты нелинейности; $R_b = \hat{\sigma}_b$; $\varepsilon_{bR} = \hat{\varepsilon}_b$.

Выполним для различных классов бетона описание нормативной криволинейной диаграммы деформирования по зависимости (9). Для этого осуществляем следующее: по зависимости (5) составляем объемную таблицу с координатами точек нормативной диаграммы деформирования (для каждого класса бетона принято не менее 500 точек); заносим точки в декартовую систему $\sigma_b - \varepsilon_b$; выполняем аппроксимацию данных функций (9) по методу наименьших квадратов и определяем все коэффициенты полинома (Табл. 2).

Таблица 2 - Коэффициенты полиномиальной функции (9) для описания нормативной криволинейной диаграммы деформирования бетона при кратковременном одноосном сжатии с характеристиками по (5)

Класс бетона по прочности на сжатие	Коэффициенты					Корреляция
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
B15	4,04107	– 6,98329	6,35835	– 2,95644	0,53670	0,99
B20	3,54860	– 5,26755	4,23734	– 1,84536	0,32641	1,00
B25	3,25200	– 4,26067	2,99595	– 1,18387	0,19684	1,00
B30	3,00702	– 3,45634	2,02602	– 0,67219	0,09625	1,00
B35	2,80430	– 2,81637	1,27891	– 0,28783	0,02181	1,00
B40	2,63425	– 2,29896	0,69414	0,00524	– 0,03410	1,00

Таким образом, получены несложные в практическом использовании полиномиальные функции, описывающие нелинейное деформирование бетона при кратковременном одноосном сжатии, удовлетворяющие положения действующих норм по криволинейной диаграмме деформирования.

Список литературы:

1. Колчунов В.И., Колчунов В.И., Федорова Н.В. Деформационные модели железобетона при особых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 54-60.

2. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
3. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К., Соседов К.Е. Практические методы и примеры расчета железобетонных конструкций из тяжелого бетона по СП 63.13330. Монография. М.: Издательско-полиграфическое предприятие ООО «Бумажник», 2017. 496 с.
4. Римшин В.И., Кришан А.Л., Мухаметзянов А.И. Построение диаграммы деформирования одноосно сжатого бетона // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 23-31.
5. Крючков А.А., Жданов А.Е. Подходы к оценке деформативности изгибаемых железобетонных элементов на основе итерационных методов расчета // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 73-76.
6. Бамбура А.Н. Экспериментальные основы прикладной деформационной теории железобетона: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 / Бамбура Андрей Николаевич. Харьков, 2006. 39 с.