

**ОПЫТ ЧИСЛЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ  
ВЫСОТЫ СТРОПИЛЬНОЙ ФЕРМЫ НА ЭТАПЕ ВАРИАНТНОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Василькин А.А., канд. техн. наук, доц.,  
Щербина С.В., аспирант,  
Сукач А.А., аспирант**  
*ФГБОУ ВПО «Московский государственный  
строительный университет»*

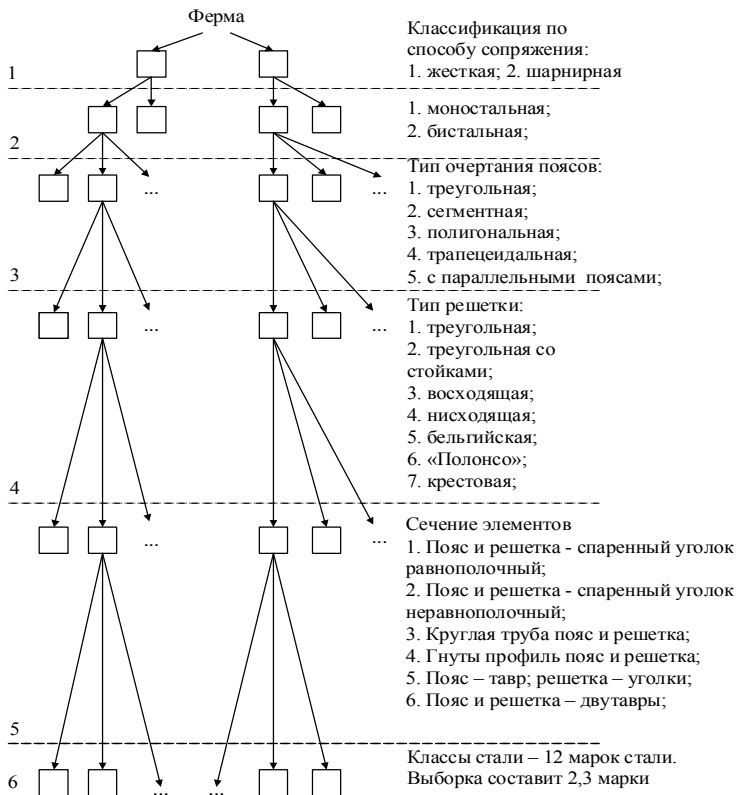
На начальных этапах проектирования строительных конструкций – этапе вариантного проектирования, идет активный поиск эффективных проектных решений. Данная задача осложняется тем, что большинство конструкций могут быть выполнены в различных вариантах. Например, для такой распространенной конструкции как стропильная ферма можно предложить более 3000 комбинаций различных параметров – очертания поясов, типа решетки, типа сечения элемента, класса стали и т.д. (см. рис. 1).

Разумеется, в практической работе такое количество комбинаций проектировщиком не рассматривается. Как правило, инженер использует имеющийся опыт проектирования, а также решения и рекомендации, приведенные в специализированной литературе.

Для одноэтажных промышленных зданий рекомендуется принимать фермы с параллельными поясами или трапециoidalного очертания поясов [1]. Для покрытий с профилированным настилом наиболее эффективные считаются решения с опиранием настила на верхний пояс фермы без применения прогонов, с шагом стропильных ферм 3-4 метра, хотя возможны варианты с использованием прогонов. При этом шаг ферм может достигать 12 м.

Наилучшие показатели по массе имеют покрытия с фермами из одиночных уголков и прямоугольных труб с бесфасоночным соединением элементов решетки с помощью сварки [2]. Для труднодоступных и северных районов более целесообразны фермы с болтовыми соединениями одиночных уголков и открытых гнутых профилей, так как они лучше сопротивляются хрупкому разрушению и удобнее для транспортировки.

По другим сведениям при одной и той же марке стали и рациональном конструировании все фермы из эффективных профилей практически равноценны и имеют лишь свои специфические особенности, определяющие область их применения [3].



Итого:  $3 \times 6 \times 5 \times 7 \times 2 \times 2 = 3760$  вариантов

Рисунок 1 – Дерево вариантов проектных решений стропильной фермы

Так, фермы из широкополочных двутавров допускают внеузловые приложения нагрузок и эффективны при наличии подвешенного транспорта и других коммуникаций и элементов, требующих прикрепления к фермам. Фермы из тавров допускают широкий диапазон нагрузок, однако внеузловое приложение нагрузки значительно снижает несущую способность этих ферм. Фермы из замкнутых гнутосварных профилей – ЗГСП рациональны при беспрогонном решении кровли (при шаге ферм 4 м). Несущая способность таких ферм сравнительно невелика, что связано с ограниченностью сортамента ЗГСП. Поэтому при расчетной погонной нагрузке свыше 50 кН/м и пролетах более 24 м может оказаться рациональным применение ферм со стержнями из сварных прямоугольных труб из уголков или швеллеров [2].

Существующий опыт проектирования стальных строительных конструкций не может охватить весь спектр решений для любых условий проектирования, поскольку необходимо принимать во внимание множество изменчивых факторов, таких как район строительства, функциональное назначение сооружения, геометрические размеры здания и т.д.

Кроме того, в современных рыночных условиях организация-проектировщик, поставленная в жесткие условия конкурентной борьбы, стремится снизить затраты на проектирование и уменьшить сроки выполнения работ, что не позволяет в полной мере прорабатывать все варианты проектного решения и выбрать из них наиболее эффективные [4].

Поэтому в настоящее время является актуальной задача разработки инженерной методики по выбору оптимальных конструктивных решений стальных строительных конструкций. Подобная методика может быть создана на основе информационных технологий и позволит быстро оценить возможные варианты проектных решений с тем, чтобы наметить наиболее эффективные для проработки на дальнейших этапах проектирования [5].

По теме оптимального проектирования стальных конструкций имеется большое количество работ, в которых предложены различные подходы к оптимальному проектированию: методика оптимального проектирования на основе эволюционной стратегии [6], методика основанная на применении оптимального расчетного сопротивления стали [2], методика на основе использования модулярных форм объема при оптимизации стропильных ферм [7].

Как указывают ведущие отечественные ученые, современная концепция строительства требует, чтобы математическое моделирование сопровождало строительные объекты на всех этапах жизненного цикла: от проектирования до демонтажа [8]. В настоящей статье предлагается использование математического моделирования для решения задачи оптимального проектирования стальных строительных конструкций.

Покажем опыт применения методики при определении оптимальной высоты стропильной фермы для условий г. Москвы.

На начальном этапе введем ряд ограничений в дерево вариантов проектных решений. Примем пролет фермы 24 метра, очертание поясов – параллельное, тип решетки – треугольная со стойками, тип сечения – замкнутый гнутосварной профиль по ГОСТ 30245-2003, класс стали – С235.

Переменным параметром является высота фермы. Решим задачу по определению оптимальной высоты фермы по критерию минимизации массы конструкции.

Высота фермы имеет два предельных значения. Это минимальная высота фермы из условия жесткости и максимальная высота фермы из условия транспортного габарита – возможности перемещения фермы с завода-изготовителя до строительной площадки по дорогам общего пользования.

Значение минимальной высоты фермы определим по известной формуле [2].

$$h_{\min} = \frac{6,5}{24} \left[ \frac{f}{l} \right] \frac{\sigma}{E} \left( 1 + 2 \frac{h}{l} \right) \cdot l \quad (1)$$

Примем  $\left[ \frac{f}{l} \right] = 250$  – норма прогиба стропильной фермы без подвешенного транспорта; пролет фермы  $l = 24$  м.

$\sigma = \frac{q_n + p_n}{\gamma_q q_n + \gamma_p p_n} \cdot R_y$  – среднее нормативное напряжение в поясах фермы.

Среднее нормативное напряжение в поясах фермы для различных классов стали примет следующие значения (см. табл. 1).

Таблица 1.

Сталь	C235	C245	C255	C285	C345	C375
$R_y, \text{ kH/cm}^2$	23	24	25	27	32	34,5
$\sigma, \text{ kH/cm}^2$	17,50	18,26	19,03	20,55	24,35	26,25

Для определения минимальной высоты фермы по формуле (1) необходимо предварительно задаться соотношением  $\frac{h}{l}$ . Наиболее близкое значение  $h_{\min}$  к относительной высоте фермы  $\frac{h}{l}$  и составит значение минимальной высоты фермы.

Полученные значения относительной высоте фермы  $\frac{h}{l}$  представим на графике (см. рис. 2.).

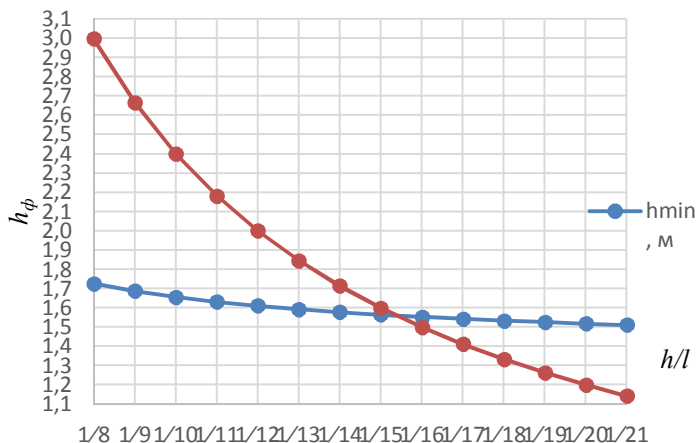


Рисунок 2 – Определение значения относительной высоты фермы

Из графика видно, что ближайшее значение минимальной высоты находится между  $\frac{h}{l} = \frac{1}{15}$  и  $\frac{h}{l} = \frac{1}{16}$ , ближе к  $\frac{1}{15}$ .

Дальнейшие расчеты показали, что значение минимальной высоты не зависит от пролета фермы. Для различных пролетов фермы значение  $\frac{h}{l}$  получилось также  $\frac{1}{15}$ .

Анализ изменения относительной высоты фермы  $\frac{h}{l}$  в зависимости от класса стали показал, что при увеличении расчетного сопротивления стали  $R_y$  в 1,5 раза относительная высота фермы  $\frac{h}{l}$  увеличивается с  $\frac{1}{15}$  до  $\frac{1}{10}$  и значение минимальной высоты фермы, определенное по выражению (1) также возрастает в 1,5 раза (см. табл. 2).

Таблица 2

Сталь	C235	C245	C255	C285	C345	C375
$R_y, \text{kH/cm}^2$	23	24	25	27	32	34,5
$\sigma, \text{kH/cm}^2$	17,50	18,26	19,03	20,55	24,35	26,25
$h/l$	1/15	1/15	1/14	1/13	1/11	1/10
$h_{min}, \text{м}$	1,550	1,600	1,700	1,800	2,200	2,400

Максимальную высоту фермы примем  $h_{max} = 3,85 \text{ м}$  [1].

Предлагаемая методика реализована в форме специализированного программного модуля к выбранному в качестве базового универсальному программному комплексу ANSYS/CFX и состоит из следующих этапов.

1. Задаемся классом стали.
2. Строим в программном комплексе конструктивную схему фермы. Расстояние между узлами фермы при увеличении высоты фермы не изменяется (принято  $d=3$ метра).
3. Задаемся начальной (минимальной) высотой фермы  $h_1 = h_{min} = 1,55 \text{ м}$ .
4. Прикладываем к верхнему поясу фермы равномерно распределенную нагрузку.
5. Определяем усилия в стержнях фермы (в программном комплексе).
6. Задаемся типом сечения фермы, на начальном этапе – замкнутый гнутосварной профиль.

7. Подбираем сечение фермы по условиям прочности, устойчивости и предельной гибкости.

8. Подсчитываем вес фермы как произведение суммы длин элементов, площади поперечного сечения и плотности стали.

9. Задаемся высотой фермы  $h_2 = h_1 + 0,1m$ .

10. Повторяем этапы 4-8 до  $h_i = h_{max} = 3,85m$

Решение для этапов 1-10 представлено в виде графика на рис. 3, где точками показаны значения массы фермы для соответствующей высоты. Из графика видно, что минимальная масса фермы составляет 1658,33 кг. Соответствующая оптимальная высота фермы составит 2,35 м.

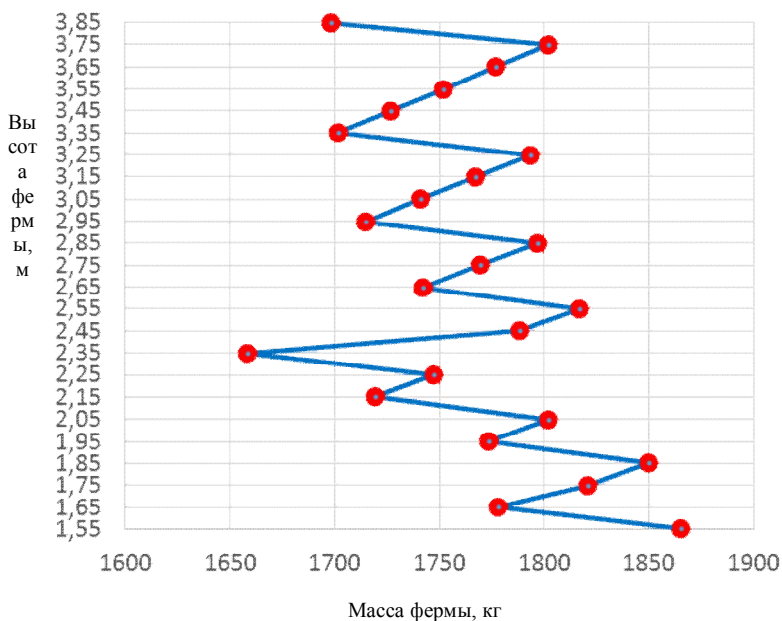


Рисунок 3 – Решение задачи по определению оптимальной высоты фермы

На первом этапе работы мы жестко задались пролетом и геометрической схемой фермы. Задана минимальная высота фермы из условия жесткости, максимальная высота фермы из условия

транспортного габарита и с шагом 10 см произведено изменение высоты. Класс стали был принят С235, тип сечения – гнугосварной профиль по ГОСТ 30245-2003. На каждом шаге подбиралось сечение фермы из одного профиля, после чего определялся вес фермы. В дальнейшем, в модель методики необходимо добавить вариации по классам стали и типу сечения.

### **Заключение.**

В статье представлен опыт решения задачи определения оптимальной высоты стропильной фермы по критерию минимизации массы, на основе численного моделирования.

Разработанная численная методика эффективна при необходимости в сжатые сроки проверить большое количество вариантов компоновки здания и может использоваться в качестве «прикидочного» метода для выбора наиболее эффективного варианта с дальнейшей его разработкой.

Предложенная методика также может использоваться в практике обучения студентов по направлению «Строительство» в рамках изучения дисциплины «Металлические конструкции, включая сварку» и выполнении курсового проектирования.

### **Список литературы:**

1. Металлические конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. Ю.И. Кудишина. М.: «Академия», 2006. 688 с.
2. Соболев Ю.В., Окулов П.Д. Проектирование стальных стропильных ферм из эффективных профилей. М.: МИСИ, 1990. 105 с.
3. Развитие металлических конструкций: Работы школы Н.С.Стрелецкого / Под ред. В.В. Кузнецова и др. М.: Стройиздат, 1987. 576 с.
4. Василькин А.А. Опыт применения систем автоматизированного проектирования при оптимальном проектировании стальных конструкций // Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Е.И.Белени «Расчет и проектирование металлических конструкций». М.: МГСУ, 2013.
5. Гинзбург А.В., Василькин А.А. Постановка задачи оптимального проектирования стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 52-62.
6. Клюев С.В., Клюев А.А., Лесовик Р.В. Оптимальное проектирование стальной пространственной фермы // Вестник ТГАСУ. 2008. № 1. С. 74-78.
7. Ольков Я.И., Холопов И.С. Оптимальное проектирование предварительно напряженных металлических ферм. М.: Стройиздат, 1985. 159 с.



8. Белостоцкий А.М., Сидоров В.Н., Акимов П.А. Математическое моделирование техногенной безопасности ответственных строительных объектов и комплексов мегаполисов. Часть 1: Актуальность вопроса и основные проблемы моделирования // Вестник МГСУ. 2010. №4. С. 197-203.

## ОБЛЕГЧЕННОЕ СБОРНО-МОНОЛИТНОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ ДЛЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

**Бабина Е.А., инженер,**

**Лосев Ю.Г., канд. техн. наук, проф.**

*Старооскольский технологический институт им. А.А.Угарова  
(НИТУ МИСИС)*

Перед строительной индустрией всегда встают следующие задачи: создавать строительные конструкции надежно, быстро и экономично. Решение этих вопросов нацеливает специалистов-строителей к поиску и разработке инновационных технологий, позволяющих усовершенствовать сами конструкции и процессы производства работ. Например, облегчить массу конструкции, но при этом сохранить ее несущие характеристики, облегчить труд непосредственных исполнителей работ, и, конечно же, сократить сроки строительства.

В соответствии с поставленными целями на кафедре ПГС СТИ НИТУ МИСИС разработана конструкция облегченного сборно-монолитного перекрытия, призванного индустриализировать процесс монтажа конструкций перекрытий, уменьшить постоянные монтажные и эксплуатационные нагрузки, сохранив при этом необходимые прочностные и жесткостные характеристики перекрываемых пролетов для гражданских зданий.

Данная конструкция представляет собой балочное перекрытие из двутавровых профилей ЛСТК № 125-150, устанавливаемых на стены с шагом  $b=600$  мм, с расчетным обоснованием пролетов (в данном случае до 6 м.). Между профилями укладывается лист ГВЛВ, поддерживаемый телескопическими стойками на момент устройства перекрытия. Тем временем на строительной площадке готовится бетонная смесь, после чего механизированно, с помощью бетононасоса, по шлангам подается в конструкцию. Монолитное заполнение бетоном выполняется в два слоя: нижний слой (облегченный) из пеногипсобетона ( $\delta=90$  мм,  $\gamma=400$  кгс/м<sup>3</sup>), верхний – композиционный гипсокерамзитобетон ( $\delta=90$  мм,  $\gamma=1000$  кгс/м<sup>3</sup>).

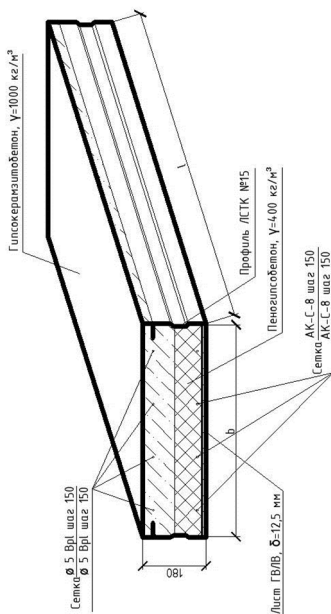
Достоинствами такой конструкции являются: снижение нагрузки от собственного веса за счет использования более легкого бетона в нижнем слое; уменьшение нагрузки при технологическом процессе устройства перекрытия; обеспечение жесткости перекрытия, в период укладки и набора прочности конструкции. Также нельзя не отметить еще один плюс такой конструкции – на ее устройство затрачивается меньшее

время, нежели на обычное монолитное перекрытие, так как в бетонную смесь добавляется модифицированное гипсовое вяжущее. Схватывание бетонной смеси занимает от 15 до 30 минут. Все это позволяет существенно облегчить работу самим строителям, а также сократить сроки производства работ, т.к. конструкция заливается в один день.

Важно, что собственный вес конструкции перекрытия снижается на 25-30%, при этом обеспечивается прочность и жесткость при приложении временных нагрузок до  $300 \text{ кгс/м}^2$ , для пролетов до 6 м. (возможно и более, при выполнении определенных конструктивных требований и расчетных обоснований). Компьютерная оценка напряженно-деформированного состояния конструкций показала их достаточную надежность для различных расчетных вариантов.

Данная конструкция может применяться при проектировании и строительстве малоэтажных гражданских зданий различного назначения (жилых и общественных) и с различными временными нагрузками.

Ниже представлен фрагмент сборно-монолитного перекрытия.



## **ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Габдуллин Т.Р., канд. техн. наук, доц.**  
*Казанский государственный архитектурно-строительный  
университет*

Существование тесной взаимосвязи между метрологией и качеством современного строительства не вызывает вопросов и сомнений специалистов в данной предметной области. Поверхностное отношение к метрологическому обеспечению строительства может повлечь за собой самые тяжелые последствия (рис.1). Что бы создать качественные, устойчивые, например, жилищные условия для людей, необходимо, прежде всего, уметь сделать его таковыми.



Рисунок 1 – Разрушенный дом в частном секторе г. Барнаул.  
Июль 2012 г.

Для этого и обращаются к метрологии, науке, которая предлагает различные способы достижения требуемой точности в строительстве.

По определению метрологическое обеспечение строительства сводится к метрологическому контролю проектирования, изготовления и эксплуатации строительной продукции [4].

Однако сегодня термин «метрологическое обеспечение», на наш взгляд, заметно устарел. На современном этапе развития строительства

наиболее правильным было бы применение термина «метрологическое сопровождение» или даже «метрологической поддержки» всего строительного цикла.

Известно, что одной из важнейших задач современной метрологии является создание общей теории измерений. Решение данной задачи заключается в достижении такого состояния измерений, при котором их результаты были бы выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за пределы установленных границ.

Метрологическое обеспечение строительства – комплекс мероприятий, проводимых с целью систематического выполнения метрологических функций, соблюдения правил, норм и требований, направленных на повышение качества, надежности, единства и точности измерений в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации строительной продукции научно-исследовательскими, проектными, монтажными организациями и отдельными исполнителями работ.

На сегодняшний день проблема несоответствия, а именно выход показателей точности измерений за установленные границы, является до конца нерешенной.

Единство измерений как одно из слагаемых метрологического обеспечения строительства зданий и сооружений – это такое состояние измерений, при котором результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Обеспечение единства измерений может быть достигнуто безусловным выполнением следующих требований и мероприятий:

- установлением допустимых к применению единиц физических величин, используемых для выражения (представления) результатов измерений;
- разработкой и выполнением правил, определяющих порядок подготовки, выполнения измерений, обработки и представления результатов;
- проведением государственного метрологического надзора и ведомственного контроля выполнения метрологических правил, устанавливаемых законодательной метрологией.

Важнейшим элементом единства измерений является соблюдение единообразия средств измерений путем обеспечения в процессе эксплуатации соответствия их характеристик заданным требованиям.

Другое слагаемое метрологического обеспечения – точность измерений – характеризуемая близостью результатов к истинному значению измеряемой величины – достигается путем установления норм точности и аттестации методик выполнения измерений.

Для точности и надежности всех измерений является обязательным выполнение следующих условий:

- в нормативных документах, а также в технологической документации должно быть предусмотрено необходимое количество измерительных операций с указанием методов и средств измерений;
- все средства измерений должны быть поверены;
- все строительные площадки организации, объекты должны быть обеспечены необходимыми средствами измерений и контроля;
- измерения должны проводиться только подготовленными специалистами.

Таким образом, метрологическое сопровождение строительства сводится, прежде всего, к практическому функционированию метрологических органов и метрологическому контролю проектирования, изготовления и эксплуатации строительной продукции. Данные направления метрологического сопровождения строительства и определяют следующие его первоочередные задачи в данной отрасли:

- контроль безопасности и качества строительной продукции;
- улучшение организации строительного производства;
- уменьшение трудоемкости измерений;
- применение новейших научно-технических достижений;
- обеспечение единства измерений;
- метрологическое сопровождение сертификации строительной продукции.

Достижение точности измерений осуществляется за счет метрологического обеспечения. Несвоевременные и недостоверные данные, отрицательно влияя на качество выполняемых работ, снижают безопасность возводимого объекта, что является недопустимой для современного строительства.

Исходя из вышеизложенного в настоящее время основными целями метрологического сопровождения строительства должны быть:

1. Повышение качества и экологической безопасности строительной продукции.

2. Повышение эффективности управления строительным производством.

3. Обеспечение метрологического сопровождения сертификации продукции.

4. Повышение эффективности экспериментов и испытаний.

Необходимым условием достижения перечисленных целей метрологического сопровождения строительства зданий и сооружений предлагается решение следующих задач:

1. Определение основных направлений использования научных и технических достижений при получении измерительной информации.

2. Обеспечение единства измерений, установление допускаемых к применению единиц физических величин.

4. Стандартизация правил и положений в области метрологического обеспечения проектирования, изготовления и эксплуатации строительной продукции; определение рациональной номенклатуры измеряемых параметров, допустимых пределов их изменений и норм точности измерений.

5. Установление номенклатуры технических средств метрологического обеспечения (их создание, хранение и эксплуатация).

6. Проведение анализа состояния метрологического обеспечения с применением количественных критериев оценки эффективности мероприятий по совершенствованию измерений и оптимизации образцовых и рабочих средств измерений

7. Метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации.

8. Внедрение государственных и ведомственных нормативных документов, направленных на повышение роли метрологического обеспечения и обязательности выполнения всех элементов метрологического сопровождения всего строительного цикла.

Положительное решение перечисленных задач в априори делает метрологическое сопровождение одним из ведущих инструментов повышения качества строительства. Без точной и объективной метрологической информации невозможно обеспечить эффективность строительного производства и высокое качество зданий и сооружений, поэтому к измерительной информации предъявляются следующие требования:

1. Результаты измерений должны быть выражены в узаконенных единицах.

2. Погрешность выполняемых измерений должна быть известна с достаточной степенью точности.

3. Погрешность не должна превышать пределов допустимых значений.

Первые два требования соответствуют понятию единства измерений.

Обеспечение единства и требуемой точности измерений объединяют на производстве понятием «метрологическое обеспечение». Выполнение мероприятий метрологического обеспечения основывается на использовании системы государственных эталонов единиц физических величин, образцовых и рабочих средств измерений, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, а также системы обязательной государственной и ведомственной поверки и аттестации средств измерений.

Необходимый уровень достоверности измерений определяется проектом и нормативными документами, а возможность его достижения осуществляется на основе метрологического обеспечения. Количество контрольно-измерительных операций в строительстве постоянно возрастает, превышая в ряде случаев количество технологических операций, а ошибки при выполнении измерений снижают качественные показатели зданий.

Измерения являются основным источником информации о качестве, свойствах, физико-механических и геометрических характеристиках строительных материалов, конструкций и технологии строительных процессов при возведении зданий и сооружений.

Выполнение мероприятий метрологического сопровождения строительства зданий и сооружений требует определенных экономических затрат. Однако при хорошо организованном метрологическом контроле на всех этапах создания строительной продукции ее качество повышается за счет снижения брака, переделок и сохранения материальных ресурсов, а стоимость конечной продукции в виде возведенного объекта строительства в результате грамотного метрологического сопровождения частично будет окупаться за счет повышения надежности и увеличения сроков эксплуатации.

Таким образом, на наш взгляд, в плане успешной реализации инновационной политики России метрологическое сопровождение строительной отрасли может явиться эффективным инструментом инновационного развития строительных технологий и строительного материаловедения на важнейших направлениях их развития.



### **Список литературы:**

1. Габдуллин Т.Р. О проблемах строительной метрологии на современном этапе // Программа «тезисы докладов 64-ой Всероссийской научной конференции». Казань: КГАСУ, 2013. С. 192.
2. Метрологическое обеспечение строительства. Структура метрологического обеспечения. Электронный текст документа ЗАО "Кодекс".
3. Габдуллин Т.Р. О проблемах метрологии в строительстве // Программа «тезисы докладов 65-ой Всероссийской научной конференции». Казань: КГАСУ, 2013. С. 211.

## **КАРКАСЫ ЗДАНИЙ ИЗ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Зверев В.В., д-р техн. наук,  
Жидков К.Е., канд. техн. наук,  
Сотникова И.В., аспирант**

*Липецкий государственный технический университет*

В России за последние 20 лет построены и введены в эксплуатацию значительные объемы по производству тонкостенных холодногнутых профилей и конструкций на их основе.

Наиболее крупными фирмами-производителями такого типа конструкций являются: ООО «Балтпрофиль» (г. Санкт-Петербург), Сходненский завод металлоконструкций (Московская область, г. Химки), Кораблинский завод модульных конструкций (Рязанская область, г. Кораблино), ЗАО «ИНСИ» (всероссийский холдинг), ООО «Метал-дон» (Ростовская область, г. Шахты), ООО «Метакон Профиль», международная группа «Lindab» ИСК «Финеско» (г. Саратов), ООО «Вентал» (г. Обнинск), ООО «Казанские стальные профили» (г. Казань), ЗАО «Эксергия» (г. Липецк), ООО «Ласар» (г. Липецк), «Талдом – профиль» (Московская область, г. Талдом), Киреевский завод легких металлических конструкций (г. Санкт-Петербург), Первый завод ЛМК (г. Санкт-Петербург), ООО «РОСМЕТАЛЛ» (Калужская область, г. Малоярославец) и т.д.

В настоящее время каркасные здания на основе холодногнутых металлических профилей используются для возведения многофункциональных зданий комплектной поставки. Такие здания могут иметь различное назначение. Это складские помещения (склад огнеупоров, склад готовой продукции и т.п.), гаражи (для грузовых автомобилей, сельхозтехники). Здания такого типа могут использоваться для комплексов по содержанию крупного рогатого скота, свиней и как сенохранилища. Свободная планировка внутреннего пространства позволяет размещать оборудование под коровники, доильно-молочные блоки, телятники, сенохранилища и т.д.

Именно рамные конструкции в настоящее время в практике строительства и реконструкции находят наибольшее применение. Это связано с технологичностью их изготовления и простотой монтажа.

Одним из определяющих показателей экономичности является их масса, так как основная доля расходов приходится на материал, идущий

на изготовление элементов и узловых сопряжений, что составляет 50-60% от общей стоимости конструкции.

Внедрение новых технологий позволяет создавать из листового проката профили с высоким качеством цинкового покрытия, повысить геометрическую точность изготовления, значительно расширить сортамент профилей.

Современное оборудование позволяет без значительного увеличения затрат создавать профили с дополнительными элементами жесткости (оггибами, выемками и т.д.). Такие холодногнутые профили принято называть профилями повышенной жесткости. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с горячекатаными: низкие эксплуатационные расходы, небольшая металлоемкость, легкость и быстрота монтажа. Эти качества способствовали широкому распространению холодногнуто́тых профилей повышенной жесткости, выполненных из оцинкованной стали толщиной от 1,0 до 3,0 мм, в качестве элементов несущих и ограждающих строительных конструкций.

В настоящее время на рынке представлены следующие конструктивные схемы рамных конструкций на основе холодноформованных профилей.

Рамная конструкция, состоящая из С-образных оцинкованных профилей с толщиной 2-3 мм. В зависимости от региона строительства рамы устанавливаются с шагом от 3 до 6 м. Соединения элементов каркаса обеспечиваются унифицированными узлами крепления. В качестве крепежа применяются оцинкованные болты и саморезы. Стеновые и кровельные прогоны выполнены из холодногнутых С-профилей, изготовленных из оцинкованной стали. Безопорный пролет ангаров такого типа от 6 до 24 м. При использовании дополнительных колонн, пролет здания можно увеличить (рисунок 1 а).

Второй вариант представляет собой двускатную ферму, шарнирно сопряженную со стойками, соединение стоек с фундаментами – жесткое. Стойки и элементы ригеля выполнены из спаренных С-образных профилей. Шаг рам в зависимости от снегового района и нагрузок: 3 или 6 метров (рисунок 1 б).

Кровля в зависимости от назначения зданий может быть выполнена как в холодном, так и в теплом вариантах. Решение кровли в обоих случаях – прогонное. В качестве кровельного настила при возведении зданий такого типа чаще всего используются кровельные трехслойные панели типа «Сэндвич», для неотапливаемых зданий – стальной профилированный настил.

Рамы пролетом более 18 м рекомендуется выполнять решетчатыми с двускатным ригелем постоянной высоты и колоннами переменного сечения по высоте здания.

Для рам пролетом 18–24 м предлагается использовать промежуточное конструктивное решение со сплошностенчатым ригелем и решетчатыми колоннами. Это решение позволяет уменьшить расчетный пролет ригеля, повысить долю опорного момента ригеля и снизить момент в его пролетной части. Такой подход открывает большие возможности для снижения массы ригеля и высоты его сечения и позволяет увеличить пролет рамы при меньшей трудоемкости ее изготовления. Высота рам независимо от их конструкции принимается обычно не более 7,2 м.

Рамная конструкция может быть выполнена с использованием однопролетных балочных ферм пролетом до 36 м с параллельными поясами, трапециевидного или треугольного очертания, установленными на стальные колонны каркаса, раскрепленные вертикальными связями. Фермы изготавливаются из гнутых профилей высотой до 350 мм из оцинкованной стали толщиной не более 3 мм [1,4].

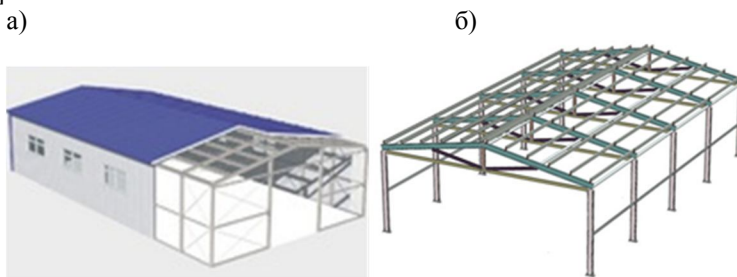


Рисунок 1 – Некоторые типы конструктивных схем рамных конструкций на основе холодноформованных профилей

Научно-исследовательская и проектно-строительная фирма «Уникон» (г. Кемерово) разработала серию 1.420.3-39.08 «Каркасы стальные «УНИТЭКС-Р1» [2] одноэтажных производственных зданий с применением рам из гнутых оцинкованных профилей (рисунок 2).

Колонны каркаса жестко оперты на фундаменты, ригель выполнен из спаренных С-образных профилей с затяжкой из круглой стали. Оптимальное распределение усилий в ригеле рамы осуществляется за счет изменения эксцентриситета узла крепления затяжки для каждого

пролета. Уклон ригеля – 25, узел соединения ригеля со стойкой – шарнирный.

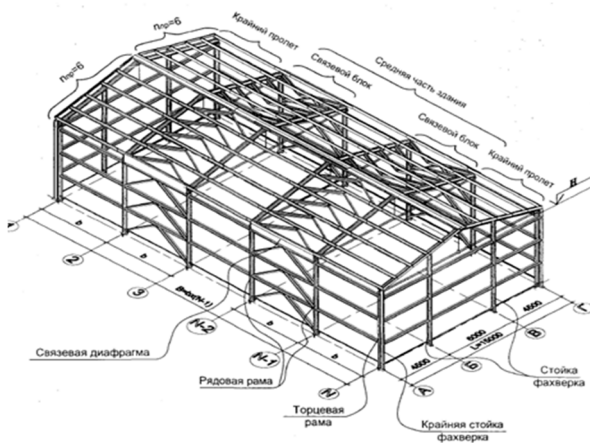


Рисунок 2 – Конструктивное решение каркаса здания УНИТЭКС-Р1

ЗАО «Эксергия» (г. Липецк) освоило производство рам с затяжкой пролетом 18 м на основе холодногнутых профилей [3] по ТУ 1122-181-02494680-99. В качестве исходного материала применяется рулонированная оцинкованная сталь. Конструкция покрытия – профлист Н75-1000-0,7, уложенный по прогонам. Шаг прогонов 2,25м. Опираение прогонов выполнено в одном уровне с ригелем при помощи болтов нормальной точности М10.



Рисунок 3 – Конструктивное решение рамных конструкций производства ЗАО «Эксергия» (г. Липецк)

Соединение элементов ригеля между собой в коньке и со стойкой в карнизном узле выполняется через фасонки толщиной 6 мм с помощью болтов нормальной точности М10. Сечение стоек – парные профили ПГС 200С толщиной 2мм, объединенные соединительными прокладками. Затяжка из круглой стали диаметром 30 мм. Сталь – С235. Натяжение осуществляется в процессе монтажа. Величина усилия натяжения не контролируется и в процессе эксплуатации не регулируется. Сопряжение затяжки с карнизной фасонкой выполнено с помощью односторонней накладки толщиной 6 мм. Крепление накладки к фасонке – на четырех болтах М20.

Анализ технико-экономических характеристик рассмотренных конструктивных решений показал, что областью рационального применения рамных конструкций на основе холодногнутых профилей являются здания с небольшими нагрузками на покрытие (складские помещения, бескрановые промздания, ангары и т.п.). Относительно низкая несущая способность существующих конструктивных решений рамных конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей приводит к уменьшению шага рам. Применение традиционных конструктивных решений рамных конструкций из горячекатаных профилей ведет к перерасходу металла. Помимо этого, большинство конструктивных решений рамных конструкций не является достаточно технологичным, так как их изготовление не соответствует современному уровню развития отрасли.

#### **Список литературы:**

1. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И., Липленко М.А. Перспективы ЛСТК в России // СтройПРОФИ. 2013. № 10. С. 12-17.
2. Информационный сайт [Электронный ресурс]/ Информационный сайт группы заводов Уникон. – Режим доступа: <http://www.uniconst.ru/>
3. Информационный сайт [Электронный ресурс]/ Информационный сайт ЗАО «Эксергия». – Режим доступа: <http://www.exergia48.ru/>
4. Информационный сайт [Электронный ресурс]/ Информационный сайт компании «Lindab». – Режим доступа: <http://www.lindab.com/>

## ДИНАМИКА РАЦИОНАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ФЕРМ

**Зинькова В.А., ст. преп.**

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

Фермы имеют назначение, по существу, такое же, как и балки сплошного сечения, но применяются для перекрытия значительных пролетов, когда использование балок с большой высотой сечения становится экономически невыгодным.

Совершенствование конструкций ферм шло по мере их практического использования. Широкое применение они находили в мостостроении. Российский инженер и ученый Л.Д. Проскуряков одним из первых в европейской практике отказался от сложных по конструкции и расчетам мостовых ферм с насыщенной решеткой. Он предложил ферму с простой решеткой и в 1887 году внедрил ее при строительстве железнодорожного моста через реку Сулу в городе Ромны. Этот проект положил начало новому направлению в мостостроении.

В дальнейшем Л.Д. Проскуряков устанавливает, что ферма в арочном исполнении приобретает еще большую эффективность, и сооружает несколько арочных мостов на Москве-реке, которые оправдывают его расчеты и ожидания. Ученый в течение сорока лет проектировал мосты различных пролетов от 20 до 145 метров. Легкие и рациональные по восприятию нагрузки, «проскуряковские фермы» нашли использование на российских и зарубежных железных дорогах.

В проекте пролетного строения Енисейского моста пролетом 144,5 метра Проскуряков применил новую конструкцию – оригинальную шпренгельную ферму, придав ее верхнему поясу ломаное очертание. Ее расчет был произведен по линиям влияния, что позволило с большой точностью определить усилия от подвижной нагрузки.

Великий инженер и ученый В.Г. Шухов внес большой вклад в совершенствование конструкций ферм. В 1897 году вышла в свет книга «Стропила», в которой изложена его теория арочных ферм. Строго научно доказав известный из практики факт, что наиболее рациональной является ферма с параболическим очертанием верхнего пояса, Шухов предложил способ кардинального совершенствования конструкции путем замены традиционных раскосов, испытывающих сжатие и требующих решения проблемы устойчивости равновесия, системой легких лучевых затяжек из предварительно напряженного металла [1].

В книге «Стропила» практически впервые поставлены и решены задачи оптимизации массы посредством совершенствования топологии [2]. Сам автор пишет об этом так: «...предложен выработанный мною аналитический расчет стропильных ферм, который дает ответ на вопросы об определении усилий, воспринимаемых на себя различными частями фермы, об определении веса этих частей и о назначении в проекте наивыгоднейшего геометрического расположения всех частей фермы, при котором вес употребленного на устройство фермы материала был бы наименьший».

В книге нашел отражение опыт автора в области проектирования и строительства перекрытий из металла, в частности, конструкций перекрытий Верхних торговых рядов на Красной площади в Москве, известных впоследствии как ГУМ, и Петровского пассажа.

Возведенные торговые ряды представляли собой одно из самых крупных торговых заведений Европы и были оснащены по последнему слову науки и техники. Венцом всего явились светопрозрачные перекрытия В.Г. Шухова, определявшие внутреннее пространство зданий и создавшие его неповторимый облик.

Разработка рациональных проектов ферм в общей постановке сдерживалась требованием безопасной устойчивости сжатых стержней. Известная теорема Леви, нацеленная на выявление рациональной конструкции фермы, сформулирована без учета потери устойчивости стержней. Ставшей хрестоматийной ферме Мичелла также присуще это ограничение.

Эта проблема получила универсальное решение в работах профессора А.Г. Юрьева [3-5]. По его идее, проектирование рациональных несущих конструкций необходимо связывать с использованием вариационных принципов, которым подчинено деформирование твердого тела. Проектная задача, как правило, решается при дополнительных условиях, которые накладывают ограничения на искомые параметры. Эти условия выражаются так называемыми уравнениями связи. Сформулированный А.Г. Юрьевым в 1962 году принцип гласит: потенциальная энергия системы в положении устойчивого равновесия достигает абсолютного минимума по перемещениям в функциональном пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и (или) модулей упругости материала. Принцип используется для определения топологии, геометрии и параметров элементов конструкции.

Критерием оптимальности фермы из однородного линейно-упругого материала является равнопрочность виртуальной системы с



внутренними силами  $N_i/\varphi_i$ , где  $\varphi_i$  – коэффициент уменьшения расчетного сопротивления  $R$ . Для растянутых стержней он равен единице, а для сжатых принимается исходя из ограничения гибкости элементов пояса и решетки. Искомые площади поперечных сечений сжатых стержней при этом должны иметь соответствующие минимальные радиусы инерции.

В настоящее время большое использование при строительстве быстровозводимых зданий и сооружений находят рациональные по конструктивной идее трубчатые фермы с бесфасоночными узлами. Актуальным становится вопрос совершенствования их узловых соединений.

Одним из вариантов является поворот традиционного положения поперечного сечения пояса вокруг своей оси на  $45^\circ$  [6]. Согласно данному решению сечение пояса представляет собой ромб, то есть его диагональ расположена в осевой плоскости фермы. Элементы решетки в месте крепления к поясу имеют сквозной V-образный вырез, полностью повторяющий геометрию этого примыкания. При этом соединение каждого из элементов решетки с поясом осуществляется по двум смежным стыкам. Новое конструктивное решение фермы может быть разработано на базе геометрических схем ферм, имеющих треугольную решетку.

В предложенной конструкции узла увеличивается длина сварного шва, что позволяет выполнить его более тонким и тем самым снизить развитие остаточных деформаций и термических напряжений в зоне сварки. Как результат снижается концентрация напряжений в узловом соединении, что приводит к равномерному распределению напряжений в стержнях фермы.

Дальнейшие пути рационализации ферм связаны с оптимизацией топологии и комбинированием материалов в их структуре.

#### **Список литературы:**

1. Шухов В.Г. Стропила. Изыскание рациональных типов прямоугольных стропильных ферм и теория прочных ферм. М.: Изд-во Политехнического общества, 1897.
2. Юрьев А.Г. Принцип аналогии в инженерной практике В.Г.Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 3. С. 9-11.
3. Юрьев А.Г. Строительная механика. Синтез конструкций. М.: МИСИ, 1962. 100 с.
4. Юрьев А.Г. Оптимизация ферм на основе энергетического критерия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2002. № 2. С. 59-61.

5. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 46-48.
6. Зинькова В.А. Методика экспериментальных исследований узловых соединений трубчатых элементов фермы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 50-52.

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УПРУГИХ СКРЕПЛЕНИЙ В БЕССТЫКОВОМ ПУТИ

Золотых С.Н.,

Гриджин А.М., д-р техн. наук, проф.

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

Бесстыковой путь – условное название конструкции железнодорожного пути со сварными рельсовыми плетями, отличительным признаком которого является наличие в плетях неподвижной средней части (при максимально возможных в данной местности изменениях температуры рельсов по отношению к температуре их закрепления на постоянный режим эксплуатации). К настоящему времени в мировой практике используются две основные конструкции температурно-напряженного бесстыкового пути:

- бесстыковой путь с промежуточными скреплениями, упругие элементы которого обеспечивают постоянную надежную связь рельсовых плетей с подрельсовым основанием из железобетонных рам или плит, либо железобетонных или деревянных шпал;
- бесстыковой путь на деревянных шпалах с костыльным промежуточным скреплением, в котором связь сварных плетей с такими шпалами обеспечивается с помощью противоугонных приспособлений [1].

Рельсовые скрепления – элементы верхнего строения пути, предназначенные для соединения рельсов друг с другом и подрельсовым основанием, предотвращающие перемещение рельса в горизонтальных поперечном и продольном направлениях.

Для скрепления рельсов с подрельсовыми опорами могут использоваться раздельные или нераздельные рельсовые скрепления, как бесподкладочные, так и с подкладками.

При всем своем многообразии промежуточные рельсовые скрепления бесстыкового пути делятся на две группы.

Первые – это конструкции, которые не создают нажатия на подошву рельса, образуя зазор между верхом подошвы и прикрепителем. Такой зазор необходим, так как, например, если жестко прижать рельсовую плеть к основанию, то при проходе четырехосных вагонов и подъеме рельса между тележками будет происходить либо подъем шпал (с нарушением их стабильности), либо в зимнее время поддегивание шурупов или других элементов, прикрепляющих

подкладку к шпале, и постепенное образование остаточных деформаций в зоне прикрепителя.

К первой группе относятся: жесткие типовые костыли, которые в процессе эксплуатации наддеформируются рельсом; специально создаваемые скрепления, в которых наличие зазора предусмотрено конструкцией, в том числе скрепление с "маятниковым штырем", применяющееся на московском метрополитене. В случае использования промежуточных скреплений первого типа для предотвращения продольного смещения рельсовых плетей необходима установка противоугонов [2].

Правительством РФ разработана «Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030г.», в которой отмечено, что одним из направлений развития ЖДТ является повышение скорости движения поездов и увеличением массы подвижного состава.

Для высокоскоростного движения рельсовое скрепление должно быть упругим, ведь необходимо гасить колебания, возникающие в пути. Это достигается в основном за счет упругих клемм и эластичных подрельсовых прокладок-амортизаторов. Многие используемые на российских стальных магистралях скрепления, хоть и являются упругими, не достаточно надежны для высокоскоростных участков.

Применение упругих рельсовых скреплений позволяет улучшить параметры виброгашения верхнего строения пути и способствует снижению износа внутренней поверхности наружных рельсов на криволинейных участках [3]. Для этих скреплений также являются обязательными требования по обеспечению электрической изоляции рельсов.

Существуют различные модификации упругих скреплений, но в России используются АРС, ПАНДРОЛ-350.

Массовое внедрение анкерного рельсового скрепления АРС позволяет, в отличие от всех других видов скреплений, применяемых на железных дорогах России, решить две главные задачи длительное время стоящие перед путевым хозяйством сети, а именно:

- перейти на малолюдную технологию текущего содержания пути;
- резко снизить вероятность угона рельсовых плетей бесстыкового пути (со всеми вытекающими отсюда последствиями), причины возникновения которого связаны с конструктивными недостатками скреплений, применяемых в России, и массовым выходом

из строя клеммных и закладных болтов из-за неудовлетворительного их содержания [4].

Основными преимуществами ПАНДРОЛ-350 вида скрепления над другими являются:

- отсутствие резьбовых соединений. Применение анкера, обеспечивающего стабильное прижатие рельса к шпале, устраняет необходимость регулярно подкручивать и смазывать болты и гайки. Ежегодная экономия только на смазке достигает 50 тысяч рублей на километр пути;

- в конструкции скрепления меньше деталей, на каждый километр пути расходуется в среднем на 20 тонн меньше металла по сравнению со скреплениями типа КБ, ЖБР;

- трудоемкость работ по сборке рельсошпальной решетки со скреплением ПАНДРОЛ-350 на звеносборочной базе в 10 раз ниже, чем с КБ;

- снижает эксплуатационные затраты и позволяет перейти полностью на механизированные технологии текущего содержания пути;

- сокращает затраты на текущее содержание пути в 5 раз по сравнению с болтовым скреплением;

- скрепление ПАНДРОЛ-350 обладает ремонтно-пригодностью;

- скрепление обладает антивандальными свойствами – без специнструмента его практически невозможно демонтировать.

Оценка внедрения упругих скреплений была произведена из сравнения текущего содержания пути с упругими и жесткими скреплениями.

Были рассмотрены три участка бесстыкового пути с одинаковыми характеристикам относящиеся к одному классу: два – с упругими скреплениями (ПАНДРОЛ-350, АРС) и один с жестким скреплением (КБ-65). Для анализа состояния пути использовались покилометровые бумажные ленты за весенние периоды 2013 и 2014 года путеизмерительного вагона ЦНИИ-2.

Путеизмерительным вагоном ЦНИИ-2 контролируются и записываются на бумажную ленту следующие параметры рельсовой колеи: ширина колеи, положение рельсовых нитей по уровню, просадки рельсовых нитей, положение пути в плане.

Проанализировав результаты бумажных лент можно прийти к выводу, что самое большое количество отступлений наблюдается на участке со скреплением КБ-65.

Рассматривая неисправности пути по каждому участку и оценивая процентное количество различных видов отступлений за весну 2013-2014 года можно сделать следующие выводы:

- большое количество отступлений по уровню пути на участках со скреплением ПАНДРОЛ-350 возможно обусловлено выходом из строя подрельсовых прокладок [5];
- на всех участках пути выявлено много отступлений с перекосами пути. Это может объясняться тем, что не происходит своевременная подбивка и надежное закрепление пути от угона или не происходит оперативной замене загрязненного балласта.

Выявлены уязвимые места упругих креплений:

- в креплении АРС-4 – изолирующий уголок, который предназначен в основном для подошвы рельса от головок анкера. Возможен вариант исключения этой детали из узла крепления, а для электрической изоляции использовать электроизолирующие краски;
- в креплении ПАНДРОЛ-350 слабым местом является подрельсовая прокладка, которая очень часто выходит из строя. Возможен пересмотр ее составляющих материалов;
- шпала разрушается в середине, она нуждается в пересмотре армпояса (раздвинуть арматуру, тем самым увеличить момент).

Не смотря на то, что применение упругих креплений в конструкции бесстыкового пути показывает наилучшие результаты [6] по текущему содержанию пути выявленные проблемы нуждаются в дальнейших научных исследованиях.

#### **Список литературы:**

1. Альбрехт В.Г., Виногоров Н.П., Зверев Н.Б. и др. Бесстыковая путь / Под ред. В.Г. Альбрехта, А.Я. Когана. М.: Транспорт, 2000. 408 с.
2. Спиридонов Э.С., Духовный Г.С., Логвиненко А.А., Хоружая Н.В. Научные подходы к оценке качества продукции строительства транспортных объектов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 113-116.
3. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути / МПС России. М.: Транспорт, 2000. 96 с.
4. Духовный Г.С., Селицкая Н.В. Гидроизоляционные покрытия как элемент долговечности конструкции в современном строительстве // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сб. ст. по материалам конференции / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. С. 161-165.

5. Алексеева Л.П. Исследование параметров пружинной клеммы APC // Вопросы повышения надежности и уровня использования железнодорожного пути: Сб. науч. тр. / Моск. ин-т инженеров ж.-д. трансп. М., 1984. Вып. 759. С 52-62.
6. Хоружая Н.В. Мастика на основе комплексного органо-минерального вяжущего для гидроизоляции транспортных сооружений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Хоружая Наталья Владимировна. Белгород, 2011. 23 с.

## **СТРАТЕГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПОВОЙ ЗАСТРОЙКИ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ**

**Капленко О.А., канд. техн. наук, доц.**

*Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного  
технологического университета им. В.Г. Шухова*

Наиболее сложными и важными проблемами реконструкции типовой застройки крупных городов являются сохранение ценного культурного наследия и поиск существенной методологии проектирования в условиях реконструкции, которая учитывает значение всех памятников архитектуры. В процессе реконструкции возникает целый ряд сложных задач, которые непосредственно связаны с сохранением целостности архитектурной среды и композиционным, функциональным, техническим, социальным, экологическим и экономическим процессами. Пассивное сохранение городской среды противоречит самой исторической природе города, всегда находящегося в процессе стратегического становления и комплексного развития.

Социальные изменения в обществе, процессы, связанные с комплексным переустройством зданий и сооружений, непосредственно оставляют отпечаток на периодическую внутреннюю трансформацию городской застройки [5]. Постановка задач исследования. На основании исследуемой темы по комплексной реконструкции объектов типовой застройки в крупных городах были поставлены следующие задачи:

1. Сохранение целостности объектов типовой застройки.
2. Устранение и предотвращение чрезвычайных ситуаций в условиях крупного города.
3. Создание благоприятных условий для проживания населения.

Одна из важнейших задач типологических проблем городской застройки – проблема создания более рациональной территориальной структуры производства и расселения. Ее реализация ведется по двум направлениям: 1 – ускоренное развитие менее развитых районов; 2 – ускоренное развитие малых и средних городов, располагающих наиболее благоприятными условиями для промышленного строительства, а также выравнивание уровней экономического развития различных таксонометрических территориальных единиц (вплоть до низовых административных районов) для создания единого и близкого к нему стандарта жизни населения. Весьма существенно, что комплексное решение проблемы увязывается с целым рядом аспектов пространственной организации географической среды в целом. При



этом следует учитывать, что в стране динамично растет численность городского населения [1,4,8]. Таким образом, демографический состав населения городов играет ключевую роль в формировании систем расселения, а значит, непосредственно касается вопросов реконструкции объектов типовой застройки, в которых эти группы населения пребывают. На основании морального и физического износа типового фонда, который проявляется в несоответствии объемно-планировочных и конструктивных качеств, уровне благоустройства и инженерного оборудования возросшим потребностям населения, ставится важный вопрос о стратегических методах реконструкции типовой застройки. Это наглядно подтверждается положением, сложившимся с полносборными зданиями первого поколения. В основном эти здания сохранили достаточно высокую работоспособность основных конструктивных элементов, определяющих их срок службы (фундаменты, стены, перекрытия) при ухудшающихся теплотехнических и звукоизоляционных качествах ограждающих конструкций. Но эстетические и архитектурно-художественные свойства они практически не сохранили [7].

Процесс комплексной реконструкции застройки с целью повышения качеств типовых объектов в условиях проектирования и в рамках научного исследования разделен на основные этапы:

1 этап: Системный анализ расположения квартала крупного города, доступность к центру города, местам трудовой деятельности, объектам социального и культурно-бытового обслуживания населения [7].

2 этап: Организация благоустройства городской территории, на которой размещается типовой объект либо группа типовых объектов, подвергающихся реконструкции [7].

3 этап: Организация архитектурно-планировочной структуры реконструируемого участка типовой застройки [7].

4 этап: Формирование архитектурно-пространственной структуры комплекса зданий, находящихся в структуре городской застройки, который включает в себя объекты типовой застройки [7].

Следует отметить, что обеспечение комплексного подхода при преобразовании типовой застройки с учетом оптимизации предполагает разработку архитектурно-планировочных решений с последующей разработкой проектных решений по каждому объекту рассматриваемого массива. В число возможных вариантов стратегического преобразования типовой застройки входит последовательная реконструкция, которая заключается в проведении выборочных мероприятий по одному или нескольким элементам сложившегося

района. Это могут быть различные виды ремонта отдельных сохраняемых зданий или их сочетания в группе домов, строительство новых жилых и общественных зданий, реконструкция участков подземных коммуникации, благоустройство дворов и т.п. В результате проведения такого рода реконструкции достигается улучшение городской среды и условий проживания, однако отдельные элементы планировки и застройки целостных градостроительных образований (кварталов, их групп, района) могут оказаться по отношению к действующим стандартам в разном качественном состоянии. Основой проведения последовательного преобразования должен быть периодически обновляемый перспективный проект реконструкции района, выполненный на основе методологического принципа комплексности [2].

Таким образом, исследования показали, что реконструкция типовой застройки крупных городов складывается из переустройства ее основных крупнейших административных, жилых и промышленных комплексов. Возможность комплексной реконструкции типовых зданий с целью повышения качеств застройки крупных городов может достигаться за счет градостроительного урегулирования, территориального развития и функционального соответствия застроенной территории [7]. Важным показателем является то, что стратегическая реконструкция получается выгоднее, чем новое строительство, потому что не требует затрат на приобретение и освоение земельного участка, исключает стоимость элементов здания, которые используются: стен, кровли, частично перекрытий, инженерных сетей. При реконструкции преобладает принцип сохранения старой застройки, которая сложилась исторически. Возникшая необходимость рассматривать реконструкцию не как замену старого города новой застройкой, а как его приспособление к современности. Полная реконструкция типового здания целесообразна в тех случаях, когда процент его износа обеспечивает ему жизнеспособность на 30 и больше лет. При этом внутреннее планирование и благоустройство дома после реконструкции должны быть доказаны к уровню современных требований.

Реконструкция типовой застройки рассматривается как важный фактор преобразования городской среды, которая решает проблемы морального и физического износа зданий. Выбор направленности преобразования типовой застройки зависит от социально-экономических задач, которые определяются характером типовой застройки. Планировочные решения заключаются в исследовании

отдельных объектов, магистралей улиц и дорог, которые взаимосвязаны общей планировочной структурой крупного города [3,4,7].

Обеспечение комплексного подхода при преобразовании типовой застройки с учетом оптимизации предполагает разработку архитектурно-планировочных решений с последующей разработкой проектных решений по каждому объекту рассматриваемого массива. При этом оптимальный вариант преобразования позволяет определять для каждого здания конкретные варианты преобразования из множества возможных. В число возможных вариантов преобразования жилой застройки входит последовательная реконструкция, которая заключается в проведении выборочных мероприятий по одному или нескольким элементам сложившегося района [1,2,10].

#### **Список литературы:**

1. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых зданий. М.: Стройиздат, 1999. С. 210-214.
2. Касьянов В.Ф. Реконструкция жилой застройки крупных городов // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы городского строительства и хозяйства». М.: МГСУ, 2001.
3. Кутуков В.Н. Реконструкция зданий. М.: Высшая школа, 1981. 267 с.
4. Милюков Н.Н., Осин В.А., Шумилов М.С. Реконструкция жилой застройки: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1980. 137 с.
5. Реконструкция центров исторических городов. К.: Будівельник, 1974. 100 с.
6. Радионов Т.В. Репродуктивный метод реконструкции объектов типовой застройки // Сучасні проблеми архітектури і містобудування. К.: КНУБА, 2013. Вип. 33. С. 325-330.
7. Радионов Т.В. Рекомендации по реконструкции объектов типовой застройки // Містобудування та територіальне планування. К.: КНУБА, 2013. Вип. 49. С. 325-330.
8. Смоляр И.М. Принципы градостроительного проектирования и предложения по разработке генеральных планов городов в новых социально-экономических условиях. М.: РААСН, 1995. 296 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СЕЧЕНИЙ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ БАЛКИ

Китов Ю.П., канд. техн. наук, проф.,  
Ватуля Г.Л., канд. техн. наук, доц.,  
Веревичева М.А., канд. техн. наук, доц.,  
Синчук С.Д., аспирант

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта*

Современное состояние строительной отрасли позволяет проектировать и реализовывать прогрессивные расчетные схемы сооружений, в том числе комбинированные. Использование вариативных методов оптимального проектирования и компьютерного моделирования при проектировании пролетных строений мостов позволяет значительно улучшить показатели материалоемкости, стоимости и трудоемкости строительства и/или реконструкции.

В предложенной работе, которая является продолжением исследований [1,2], рассматриваются вопросы оптимизации статически определимой комбинированной конструкции, нагруженной только постоянной нагрузкой (рис 1). Разработано много методов решения задач оптимального проектирования разных как по постановкам, так и деления их по группам на непоисковые, где используются необходимые условия экстремума, и поисковые – методы математического программирования [3-8].

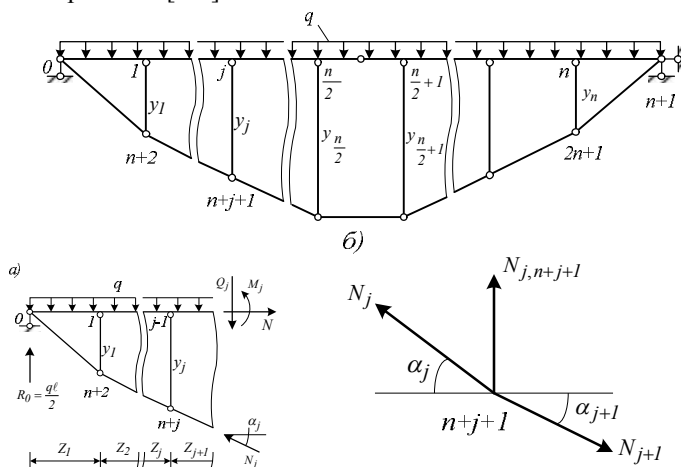


Рисунок 1 – Конструкция шпренгельной балки

Для получения оптимального проекта шпренгельной балки необходимо найти такие значения переменных, чтобы затраты на изготовление балки (объем материала, масса и стоимость) были бы наименьшими. При этом должны удовлетворяться следующие условия:

– условие прочности растянутых элементов

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \eta R_y$$

– условие устойчивости сжатых стержней

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq \eta R_y$$

– условие прочности для балки постоянного сечения, работающей на изгиб со сжатием

$$\sigma = \frac{M}{W} \operatorname{sign} M + \frac{N}{A} \operatorname{sign} N \leq \eta R_y,$$

– конструктивные ограничения гибкости стержней  $\lambda \leq \bar{\lambda}$ .

Раскроем последнее условие. Гибкость шарнирно опертого стержня

$$\lambda = \frac{\ell}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \eta_I \sqrt{A},$$

где  $\eta_I = \sqrt{\frac{I}{A^2}}$  – безразмерный коэффициент, зависящий от формы и размеров сечения. Тогда

$$\lambda = \frac{\ell}{i} = \frac{\ell}{\eta_I \sqrt{A}}$$

и допустимая площадь будет равна

$$A_u = \left( \frac{\ell}{\eta_I \bar{\lambda}} \right)^2$$

Затраты материала для изготовления шпренгельной балки, состоящей из материала одного вида, определяются либо объемом, либо массой, что фактически одно и то же. Поэтому в этом случае целевой функцией при оптимальном проектировании шпренгельной балки с данной топологией будет сумма объемов балки и шпренгеля, зависящих от вариации топологических переменных.

Расчетное сечение балки постоянного сечения определяется исходя из наибольшего значения изгибающего момента по длине балки.

$$V_{i,s}^b = \sup V_{i,j}^b = \frac{\ell}{\eta R_y} \left\{ \frac{A}{W} \left[ \frac{q\ell}{2} x_{i,s} - \frac{qx_{i,s}^2}{2} - \frac{q\ell^2}{8y_{n/2}} \left( y_{s-1} + \frac{y_s - y_{s-1}}{z_j} \left( x_{ij} - \sum_{k=1}^{s-1} z_k \right) \right) \right] \text{sign} M_{i,s} - \frac{q\ell^2}{8y_{n/2}} \text{sign} N \right\} \quad (1)$$

элементы шпренгеля:

- стойки

$$V_{j,n+j+1} = \frac{q\ell^2 y_j}{8y_{n/2} \varphi_{j,n+j+1} \eta R_y} \left( \frac{y_j - y_{j-1}}{z_j} - \frac{y_{j+1} - y_j}{z_{j+1}} \right), \quad j = 1, \dots, n/2 \quad (2)$$

- элементы нижнего пояса

$$V_j = \frac{q\ell^2}{8y_{n/2} \eta R_y} \frac{(y_j - y_{j-1})^2 + z_j^2}{z_j}, \quad j = 1, \dots, n/2 \quad (3)$$

- центральный элемент нижнего пояса

$$V_{n/2+1} = \frac{q\ell^2}{8y_{n/2} \eta R_y} \left( \ell - 2 \sum_{k=1}^{n/2} z_k \right) \quad (4)$$

Таким образом, уравнение для объема шпренгельной балки, будет иметь следующий вид:

$$V = V_{i,s}^b + 2 \sum_{j=1}^{n/2} V_{j,n+j+1} + 2 \sum_{j=1}^{n/2} V_j + V_{n/2+1} \quad (5)$$

Запишем уравнение оптимальности. Считая целевую функцию (функцию объема) непрерывной и гладкой, минимум ее будем отыскивать в точке, где все ее частные производные от функции по неизвестным переменным обращаются в ноль [9]. Таким образом, уравнение оптимальности будет представлять собой систему из  $s = 0,5n$  нелинейных уравнений относительно всех топологических переменных:

$$\frac{\partial V}{\partial y, z} = 0$$

При взятии производных от функции объема сжатых стержней необходимо получить выражения для вычисления производных от функций  $\varphi(\lambda)$  по топологическим переменным:

$$\frac{\partial \varphi(\lambda)}{\partial y_j} = \left( 3,333 \cdot 10^{-6} \lambda_{ef}^2 - 2,778 \cdot 10^{-4} \lambda_{ef} - 2,5 \cdot 10^{-3} \right) \frac{\partial \lambda_{ef}}{\partial y_j}; \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi(\lambda)}{\partial y_j^2} = \left( \frac{\partial \lambda_{ef}}{\partial y_j} \right)^2 \left( 6,667 \cdot 10^{-6} \cdot \lambda_{ef} - 2,778 \cdot 10^{-4} \right) \quad (7)$$

Нужно отметить, что в общем случае, уравнения оптимальности представляют собой систему нелинейных уравнений и аналитического решения не имеют. Решение находится методами последовательных приближений. Одним из таких методов является метод Ньютона, в котором система нелинейных уравнений заменяется решением системы линейных уравнений относительно приращений переменных при задании начальных произвольных значений.

Эти уравнения имеют следующий вид:

$$\sum_{i=1}^{0,5n} f'_{j,i} \Delta y_i^{(m)} = -f_j^{(m-1)}, \quad (8)$$

где  $f_j = \frac{\partial V}{\partial y_j}$ , а  $f'_{j,i} = \frac{\partial f_j}{\partial y_i}$ ,  $j = 1, 2, \dots, 0,5n$ ,  $m = 1, 2, \dots$  – номер приближения.

Свободные члены  $f_j$  представляют собой невязки уравнений оптимальности при данных приближенных величинах переменных  $y_j$ . После решения системы определяются значения переменных следующего приближения

$$y_j^{(m)} = y_j^{(m-1)} + \Delta y_j^{(m)} \quad (9)$$

Далее производится перерасчет шпренгельной балки и сравнение значений целевых функций двух приближений, полученных с учетом ограничений сечений элементов по гибкости. При

$$V^{(m-1)} - V^{(m)} \approx 0 \quad (10)$$

процесс заканчивается.

Выводы. В результате расчета авторами получена методика поиска размеров оптимальной конструкции проектируемой шпренгельной

балки. Следующим этапом работы является разработка алгоритмов для создания программы оптимизации комбинированных систем с учетом подвижной нагрузки, совместного нагружения и статической неопределенности конструкции. Реализация всего комплекса мероприятий по оптимизации комбинированной системы позволит подойти вплотную к вопросу получения комбинированной сталежелезобетонной конструкции оптимального очертания.

#### Список литературы:

1. Чихладзе Э.Д., Ватуля Г.Л., Китов Ю.П. Основы расчета и проектирования комбинированных и сталебетонных конструкций. Киев: Транспорт Украины, 2006. 104 с.
2. Китов Ю.П., Ватуля Г.Л. Рационализация конструкций сталебетонных пролетных строений пешеходных мостов // Науково-технічний збірник. Київ, НДІБК, 2005. Вип. 62. Т. 2. С. 53-58.
3. Виноградов А.И. Проблема оптимального проектирования в строительной механике. Харьков: Вища школа, 1973. 170 с.
4. Ройтман М.И., Шапиро Г.С. Методы оптимального проектирования деформируемых тел. М.: Наука, 1976. 266 с.
5. Bendsoe Martin Philip, Noboru Kikuchi. Generating Optimal Topologies in Structural Design using a Homogenization Method // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. North Holland. 1998. V.71. p. 197-224.
6. Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование строительных конструкций на основе эволюционных и генетических алгоритмов. Germany. Lambert, 2011. 128 с.
7. Чихладзе Е.Д., Черненко М.Г. Спрощена діаграма граничних станів сталебетонного елемента в задачах оптимізації стержневих конструкції // Зб. наук. праць. К.: НДІБК, 2003. Вип. 59. Кн.1. С.310-317.
8. Ватуля Г.Л., Беліков Е.А. Визначення оптимальної області геометричних характеристик поперечного перерізу сталебетонної балки // Сборник научных трудов. Днепропетровск: ПГАСА. 2011. Вип. 61. С. 74-78.
9. Китов Ю.П., Ватуля Г.Л., Веричева М.А. Некоторые соображения о критериях оптимальности // Зб. наук. Праць. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 143. С.124-131.



## **КВАДРАТНЫЕ В ПЛАНЕ СЕТЧАТЫЕ ВЫПУКЛЫЕ ОБОЛОЧКИ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ ИЗ ТОНКОЛИСТОВЫХ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ**

**Клиньшов И.В.,**

**Колесов А.И., канд. техн. наук, проф.,**

**Ямбаев И.А., канд. техн. наук, доц.**

*Нижегородский государственный архитектурно-строительный  
университет*

Пространственные сетчатые покрытия являются одними из самых эффективных конструкций, сочетающих в себе архитектурную выразительность, низкую материалоемкость и достаточновысокую несущую способность [1]. Другой их отличительной особенностью является сложность проектирования и изготовления. Поэтому широкое применение сетчатых конструкций напрямую связано с наличием простых конструктивных решений, поиск которых является темой многих научных работ и исследований. Настоящая статья посвящена разработанной на кафедре металлических конструкций ННГАСУ квадратной в плане сетчатой выпуклой оболочке двойкой кривизны.

Наиболее распространенными сетчатыми покрытиями прямоугольных в плане зданий и сооружений являются цилиндрические своды. Впервые предложенные В.Г. Шуховым на Всероссийской промышленной выставке в 1896 г. они на протяжении многих лет модернизировались и развивались, являясь основой сводов Цоллингера, Цольбау, различных кружально-сетчатых сводов.

Другая, не менее известная, сетчатая конструкция В.Г. Шухова получила меньшее развитие: в 1898 г. покрытие листопркатного цеха на металлургическом заводе в г. Выкса Нижегородской области было выполнено в виде сводов двойкой кривизны. Эта конструкция представляет собой набор прямоугольных в плане участков, выполненных в виде оболочек двойкой кривизны.

Недостатками этого решения являются сложность формообразования и трудоемкость монтажа, обусловленные применением в конструкции оболочки неразрезных стержней. Кроме того, использованные в сетчатой конструкции неразрезные стержни пересекаются в разных уровнях, что ведет, соответственно, к опиранию покрытия на стержни лишь одного направления, делая необходимым устройство обрешетки для кровли. Также конструкция предполагает применение множества затяжек для восприятия распора.

На основе существующих конструкций и форм, с учетом их достоинств и недостатков, авторами была разработана сетчатая выпуклая оболочка двойкой кривизны, с возможностью применения новых эффективных тонколистовых гнутых профилей (ТГП).

Основными задачами разработки являлось:

1. Обеспечение максимальной унификации стержневых и узловых элементов оболочки.
2. Разработка эффективных и простых конструктивных решений в области изготовления и монтажа конструкции.

Использование в конструкции тонколистовых гнутых профилей продиктовано совпадением условий работы стержней в сетчатых покрытиях с областью оптимального применения ТГП. Равномерно распределенные по стержням системы и, соответственно, относительно небольшие усилия, в совокупности с малыми длинами стержней, являются благоприятными условиями работы ТГП [2]. В разработанной конструкции предполагается использование одиночных профилей или составных из них сечений.

Для формообразования оболочки был использован принцип параллельного переноса [3]. Таким образом, все перекрестные стержни оболочки имеют одинаковую длину, а все ячейки являются плоскими, как образованные четырьмя попарно параллельными отрезками, и имеют форму ромбов. Для повышения степени геометрической неизменяемости и увеличения связности стержневой системы сетка стержней была повернута на  $45^\circ$  относительно опорного контура (см. рис. 1). Кроме того, такое расположение перекрестных арок позволяет передать долю распора непосредственно на стержни опорного контура и использовать меньшее количество затяжек, вплоть до их расстановки только по периметру оболочки.

Разрезные арки двух направлений решено было стыковать в одном уровне. Согласно [3], если все узловые соединения плоских арок являются одинаковыми, то за счет пересечения в одной точке арок двух направлений пространственные узловые элементы имеют разную

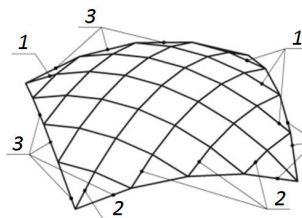


Рисунок 1 – Стержневая модель конструкции оболочки:

- 1 – арки одного направления;
- 2 – арки другого направления;
- 3 – опорный контур

геометрию. Примененная в конструкции новая система соединений позволила использовать одинаковые элементы для всех узлов.

Такая система заключается в отдельном изготовлении плоских листовых фасонок и последующей их сборке в пространственные фасоночные элементы крестового типа одновременно со сборкой плоских арок в пространственную сетчатую конструкцию. При условии использования стержней одинаковой или близкой высоты, все плоские фасоночные элементы имеют одинаковые габариты и толщину.

Одна половина плоских фасонок выполняется с вырезом до половины высоты снизу и служит для соединения арок одного направления, а другая половина – с симметричным вырезом сверху и используется при сборке арок другого направления (см. рис. 2). Ширина вырезов равняется толщине используемых в системе листовых элементов.

После сборки отдельных арок или их частей монтаж конструкции ведется методом простой «вставки» одних арок в другие через фасонки с вырезами. Фасоночные элементы, кроме соединения стержней, выполняют роль кондукторов при монтаже. Гибкость листовых элементов из их плоскости позволяет использовать плоские, одинаковые по габаритам фасонки для всех узлов конструкции: при сборке фасоночные элементы, занимая свое место, сами принимают необходимую форму. Жесткость конструкции в направлении ската впоследствии компенсируется жесткостью кровельной обшивки.

Все соединения стержней и листовых фасонок приняты болтовыми. Соединения стержней перекрестных арок со стержнями опорного контура и опорные узловые соединения выполнены в виде сварных пространственных фасонок. Их геометрия определяется аналитически или с помощью компьютерной 3D-модели оболочки. Между опорными узлами по периметру конструкции применяются затяжки на талрепах.

Для кровельного покрытия конструкции предлагается применение разрезных панелей из профилированных листов. Листы укладываются на стержнях, принадлежащим соседним параллельным аркам, от низа конструкции к ее центру. Гофры по всему покрытию имеют одно

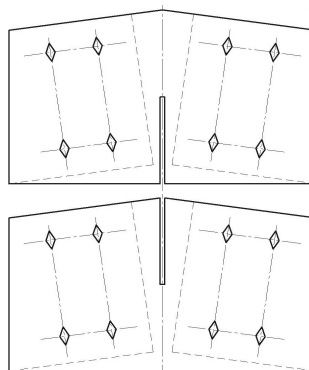


Рисунок 2 – Плоские фасоночные узловые элементы

направление, а герметичность кровли достигается установкой профилированных листов с перехлестом нижних листов верхними (см. рис.3). Крепление листов к стержням каркаса оболочки ведется самонарезающими винтами в каждом гофре, по одному саморезу на два листа в месте перехлеста (см. рис.3). Небольшие размеры ячеек сетчатой конструкции обуславливают применение профилированных листов малого сечения. Их малая жесткость дает возможность крепления двух листов, лежащих в двух разных плоскостях, к полке стержня, лежащей в третьей плоскости, одним самонарезающим винтом, поскольку происходит объятие элементов в узле.

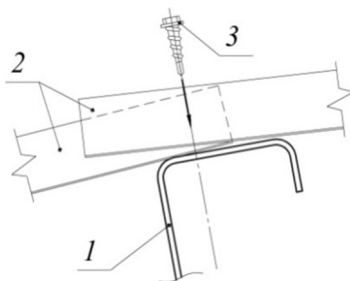


Рисунок 3 – Схема крепления профилированных листов кровли:

- 1 – стержень каркаса;
- 2 – проф. листы;
- 3 – кровельный саморез

В рамках научной работы по разработке конструкции оболочки в ННГАСУ была собрана и испытана оболочка с размерами сторон 6,0х6,0 м и стрелой подъема 1200 мм (см. рис.4). Общая масса покрытия с учетом профилированных листов составила около 720 кг, из них масса стержневых и узловых элементов – около 470 кг, отдельногнутых профилей – около 250 кг. В ходе испытаний были подтверждены низкая трудоемкость сборки и высокая несущая способность.

На разработанную конструкцию был получен приоритет ФИПС на изобретение № 2014122280.



Рисунок 4 – Конструкция оболочки в сборе

**Выводы.** Разработана новая эффективная конструкция квадратных в плане сетчатых выпуклых оболочек двойкой кривизны, которые могут использоваться в легких покрытиях общественных, спортивных, промышленных и складских зданий и сооружений.

Положительными свойствами разработанной конструкции являются:

- высокая унификация стержневых и узловых элементов;
- низкие материалоемкость и трудозатраты на изготовление;
- применение эффективных решений при использовании стандартного, широкодоступного стального проката;
- отсутствие необходимости в использовании тяжелой транспортной и грузоподъемной техники;

Особо стоит отметить широкое разнообразие возможных технических решений на основе разработанной конструкции, простор для модернизации и дальнейшего развития предложенных идей.

#### **Список литературы:**

1. Журавлёв А.А., Вержбовский Г.Б., Еременко Н.Н. Пространственные деревянные конструкции. Ростов-на-Дону: ОАО ИПФ Малыш, 2003. 518 с.
2. Ватин Н.И., Попова Е.Н. Термопрофиль в легких стальных строительных конструкциях [Электронный ресурс]: статья / Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.– Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1,87 Мб).- СПб : Б.и., 2006.- Загл. с титул. экрана.– Свободный доступ из сети Интернет.–AdobeAcrobatReader 6.0.- <ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/1307.pdf>.
3. Клиньшов И.В. Формообразование квадратных в плане сетчатых сводов двойкой кривизны // Сборник трудов аспирантов, магистрантов и соискателей. Технические науки. Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. С. 31-35.

## **О МЕТОДИКЕ РАЙОНИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИИ ПО УСЛОВИЯМ ДОСТУПНОСТИ И ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

**Лоншаков Д.А., ассистент**

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

Последствия воздействия градостроительной политики на социум носит объективный характер и непосредственно связано со способами выявления и учёта её приоритетов. Градостроительная деятельность носит многоуровневый сложносоставной характер. Но конечная её цель на всех уровнях по определению направлена на формирование благоприятной, безопасной, жизнепригодной физической среды обитания человеческого социума и как следствие этим достигается стабильность социума [1]. Повсеместная растущая урбанизация обуславливает человеческую деятельность в неразрывной зависимости от градостроительной политики, всё более ориентируемой на экологический императив устойчивого развития. В аспекте градоустройства такое развитие предполагает тщательный анализ ландшафтных и пространственных структур города, их взаимоувязку, повсеместное ландшафтосообразное благоустройство, рекультивацию нарушенных и деградирующих территорий. Город способен осуществлять вышеназванные мероприятия при условии его стабильной экономической мощности, на которую значительное влияние оказывают численность, состав и темпы прироста населения.

Конкуренция за т.н. человеческий капитал ведётся на всех градостроительных уровнях: от регионов и городов до микрорайонов и кварталов. Современный горожанин обладает возможностью выбора мест проживания, отдыха и работы.

Исходя из этого требуется разработать методику оценки городской территории на привлекательность и доступность для социума, а также выработать критерии, по которым можно оценить предельные значения социальных характеристик для определённой территории. Доступность и привлекательность городской территории – это совокупные понятия, основанные на взаимодействии конфигурационных свойств застройки и планировки города с их социальными показателями. В данном случае доступность городской территории рассматривается только в аспекте возможности пользования этой территорией по категориям населения. Экономический аспект умалчивается, что не критично для исследуемой

системы взаимозависимости конфигурационных и социальных свойств городских территорий. Под доступностью понимается наличие инфраструктуры на территории, необходимой для использования территории согласно генеральному плану. Доступность определяется балансом конкретных величин: качество дорожно-пешеходной сети, обеспеченность общественным транспортом, затраты времени в пути на достижение центров притяжения, рельеф территории и её инженерное обеспечение.

Привлекательность территории понимается как совокупность основных факторов жизнепригодности территории. Вопросом жизнепригодности городской среды занимаются как отечественные, так и зарубежные исследователи. Известный на весь мир архитектор и градостроитель Ян Гейл, олицетворяя собой идеи "нового урбанизма", утверждает, что повышенное кол-во общественных пространств и система улиц ориентированных на пешехода выступают залогом формирования качественного социально-эффективного города [2]. Это движение начало зарождаться в Европе ещё 70-80хх годах и сейчас имеет огромную популярность. Примечательно, что апологеты нового урбанизма популяризируя градостроительную науку, в своих исследования изучали системы самого малого градостроительного масштаба, часто напрямую переходя к вопросам городского дизайна. Значителен отечественный опыт в лице Большакова А.Г., а именно его авторская методика. Методика позволяет в количественных социальных показателях отследить приоритеты градостроительной политики в масштабе жилых кварталов городского центра. Жизнепригодность по Большакову выражается градостроительными мотивациями: здоровье, богатство, публичность, приватность, красота, информативность, память.[3].

Из совокупности изученных источников можно выделить три основных условия, вместе служащих предпосылкой социально эффективной застройки:

1. Ориентация застройки на человеческий масштаб.
2. Высокая концентрация населения.
3. Баланс видов деятельности на территории (многофункциональность и разнообразие городской среды служат катализатором социальной деятельности населения).

Говоря о городской среде, только совместное наличие перечисленных трёх условий могут явиться базой для организации социально эффективной городской среды. Так, участок территории представляющий собой лесной массив в пределах города, по Большакову отображает 100% градостроительной мотивации "здоровье". Однако в жизни такой

участок социально неэффективен. Примером может служить Архиерейская роща в Белгороде. Отсутствует баланс допустимых видов использования. Отсутствие инженерного благоустройства территории является причиной недостаточной концентрации людей для организации безопасного паркового рекреационного пространства. В тоже время инженерная незащищённость способствует деградации территории вследствие её неминуемого использования горожанами [4].

Для комплексной оценки городской территории на доступность и привлекательность предлагается разбить территорию города на ячейки (рис.1). Конфигурация ячеек складывается из совокупности факторов: ландшафтный анализ территории, функциональное назначение, пространственная и функциональная однородность, плотность населения и застройки. Для всех ячеек необходимо провести анализ пространственных показателей ландшафтносообразности и архитектурно-пространственных показателей доступности. Пространственные показатели ландшафтосообразности включают в себя:

1. Размещение застройки согласно рельефу (вершины, склоны, низины, долины и распределение плотностей и этажности).

2. Соответствие конфигураций застройки, дорог, коммуникаций конфигурациям рельефа (контурам местоположений вершин, склонов, долин).

3. Соответствие вида использования (жильё разной этажности и плотности, общественные здания с разной степенью загруженности транспортом, посетителями, коммунально-хозяйственное здание с разной степенью загруженности грузопотоками) экологической ценности и экологической устойчивости местоположений ландшафта (вершин, склонов, долин).

4. Расположение по рельефу и тип открытых общественных пространств. Связность открытых пространств между собой, с жильем, с водотоками и водоемами, набережными.

К показателям архитектурно-пространственных условий доступности можно отнести:

1. Количество остановок и маршрутов на район. Выявляется район по шагу и рангу улицы, а также по расположению и количеству детских садов, школ, поликлиник. В районе отмечается кол-во остановок и их интенсивность. Соотношение таких районов и протяжённость между остановками среди них должна показать степень расчленённости города в целом.



2. Позитивные разрывы в жилой застройке: в зонах расчленённости должны быть как дорожные коммуникации, так и пешеходные. Чаще всего причиной расчленённости выступают физические параметры среды. Наличие качественной пешеходной связи в таких местах может являться инструментом организации целостности городской ткани и катализатором разнообразной рекреационной деятельности. Разрывы в городской ткани физически представлены оврагами и долинами рек, но социально воспринимаются человеком как места, свободные от застройки. Парковое пространство, включая в себя помимо коммуникативной функции, рекреационную, физически устраняет расчленённость, но социально обеспечивает целостность. Открытые пространства делятся на рекреационные и коммуникационно-рекреационные. Массо-пустотные соотношения таких пространств должны исходить не только из утилитарных соображений проектирования физической среды, но также из социальных и художественных соображений. Это позволит создавать публичные пространства с более глубоким рекреационным ресурсом, к тому же обладающие индивидуальным городским образом, что повысит эстетическое качество среды и обеспечит рост культурного уровня социума [5].

3. Негативные разрывы жилой застройки (отсутствие выверенных, ясно читаемых и комфортных в временном и физическом аспектах связей жилой застройки с общественными центрами и невредными местами приложения труда).

4. Социальные: сомасштабность открытых пространств и примыкающей к ней застройки (площади, высотность, место расположения).

Вывод.

Разрабатываемая методика районирования и оценки городских территорий обладает высокой степенью научной новизны, а также может использоваться при изучении городского ландшафта как в аспекте изучения одного изолированного компонента среды (кол-во и качество зелёных насаждений), так и в системе комплексной оценки городских территорий с учётом особенности сочетания компонентов среды.



Рисунок 1 – Предлагаемая схема зонирования территории Белгорода по условиям однородности городской среды. Составил Лоншаков Д.А.

#### Список литературы:

1. Вильнер М.Я. О градостроительной составляющей устойчивого развития общества // Градостроительство, 2013. № 3. С. 20-22.
2. Гейл Я. Город для людей. М.: Альпина Паблишер, 2012. 276 с.
3. Большаков А.Г. Оценка морфотипов застройки как отражения интересов и ценностей городского сообщества и их баланс как принцип градостроительной регенерации исторического центра // Вестник ИрГТУ. 2012. том 68. № 9. С. 89-97.
4. Большаков А.Г., Лоншаков Д.А. Повышение экологического благополучия района в Белгороде путём преобразования ООПТ в окружении застройки в парк с природоохранными функциями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 47-52.
5. Перькова М.В., Крушельницкая Е.И. Экологические проблемы гармонизации ландшафтно-рекреационной среды объектов отдыха и туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 11-15.

## ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ФЕРМЫ ТИПА «ПЯТИГОРСК» И ПЕРСПЕКТИВА ИХ РАЗВИТИЯ

Марутян А.С., канд. техн. наук, доц.

*Филиал Северо-Кавказского федерального университета*

Высокая и постоянно растущая стоимость металла требует дальнейшего развития строительных конструкций с минимальной материалоемкостью [1]. Это особенно актуально для зданий малых и средних пролетов, имеющих в настоящее время и ближайшей перспективе наибольший рыночный спрос [2]. Такое положение отразилось в практике последних лет по разработке и исследованию, проектированию и внедрению легких металлических конструкций в виде блоков перекрытий и покрытий из перекрестных ферм типа «Пятигорск» (рис. 1) [3, 4]. Из-за небольших размеров ( $6 \times 6 \dots 12 \times 12$  м) их можно условно классифицировать как «карманные» модули и изготавливать цельносварными из прямоугольных труб (гнутосварных профилей – ГСП).



Рисунок 1 – Снимки двухэтажных модулей при возведении складского строения (а) и блоков покрытия промышленного здания с подвесным краном грузоподъемностью 3,2 т во время его испытаний (б)

Сравнительный анализ технико-экономических характеристик легких металлоконструкций серии «Томск» из пятигранных труб, скомпонованных из прокатных уголков и швеллеров, показал, что по расходу материала они уступают только фермам из ГСП прямоугольного сечения типа «Молодечно» [5]. Поэтому за основу формообразования и оптимизации по критерию равностойчивости

пятиугольной трубы был принят ГСП квадратного сечения [6]. Из геометрических схем (рис. 2) видно, что пятиугольный и квадратный профили имеют одну и ту же развертку поперечных сечений, а отношение высоты вертикальных стенок пятиугольного профиля к ширине его горизонтальной полки равно  $h/B=0,2071\dots0,7929$ . При этом показатель равноустойчивости, численно выраженный отношением осевых моментов инерции, составляет  $I_x/I_y=0,5354\dots1,3246$ . Следовательно, методом последовательных приближений можно вычислить такие оптимальные параметры, при которых  $I_x/I_y=0,95\dots1,05$ , а  $i_x/i_y=0,975\dots1,025$ , где  $i_x$  и  $i_y$  – радиусы инерции. «Золотое» сечение достижимо уже после второго приближения, когда  $h/B=0,5436\dots0,6052$  и  $I_x/I_y=0,9569\dots1,0436$  [7]. При одинаковых исходных листовых заготовках жесткость у пятиугольных ГСП выше, чем у квадратных и прямоугольных. Рабочая версия их полного сортамента составлена на базе нового ГОСТ Р 54157-2010 «Трубы стальные профильные для металлоконструкций» [8].

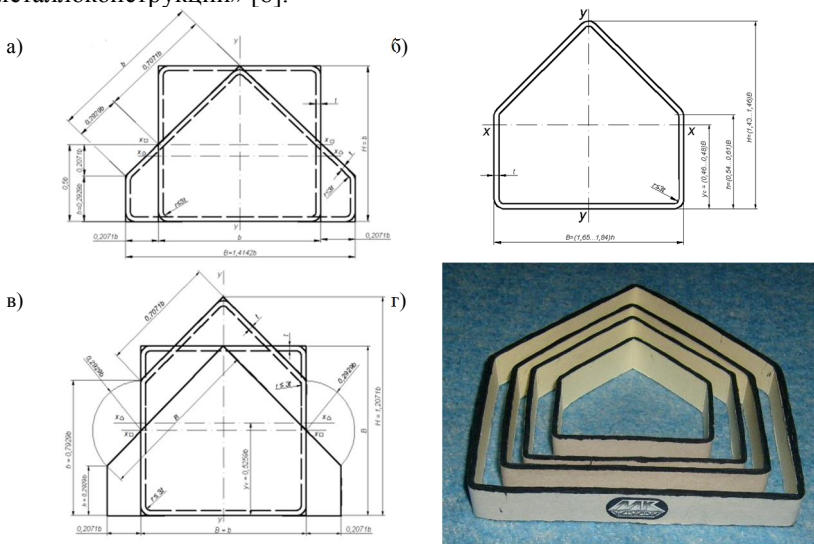


Рисунок 2 – Схемы сечений пятиугольных профилей: а – с горизонтальной полкой, наиболее широкой в рассматриваемом интервале; б – с горизонтальной полкой, наиболее узкой в рассматриваемом интервале; в – с параметрами, оптимизированными по критерию равноустойчивости («золотое» сечение); г – общего вида

В бесфасоночных узлах поясов из пятиугольных профилей квадратные трубы раскосов развернуты диагонально с образованием ромбических сечений, углы которых можно оптимально регулировать (рис. 3) [9]. Ромбическая труба может существенно расширить область рационального применения ГСП.

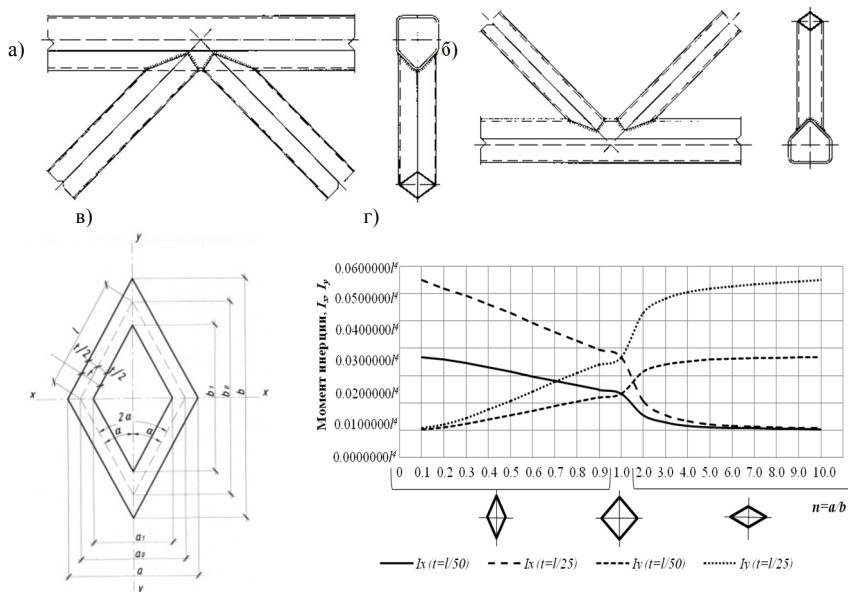


Рисунок 3 – Схемы узлов трубчатых элементов верхнего (а) и нижнего (б) поясов фермы, а также сечения ромбического профиля (в) и графики изменения его геометрических характеристик (г)

На рис. 3, г показаны графики изменения основных характеристик ромбического сечения в зависимости от отношения его диагоналей в интервале значений тонкостенности  $1/50 \dots 1/25$ . Практический интерес представляет сечение с отношением  $1/2$ , где большая диагональ расположена в плоскости конструкции, а меньшая – из плоскости. При шарнирных закреплениях в плоскости и жестких (рамных) из плоскости расчетные длины сжатых элементов в этих направлениях имеют обратное отношение, то есть  $2/1$ . Тогда для обеспечения одинаковой гибкости, а также непосредственного примыкания к поясам

(бесфасоночных узлов) ромбический ГСП в заданных по проекту местах сплющивают и двойными гibaми придают ему зигзагообразное очертание (рис. 4) [10]. По линиям гибов в плоскости конструкции образуются листовые шарниры, которые соответствуют шарнирно-стержневой расчетной схеме (модели) и избавляют от необходимости учитывать жесткости узлов [11]. Кроме того, ромбические профили отношением диагоналей  $1/2$  отличаются от труб стальных ромбических, ребристых по ГОСТ 8647-57 [12]. Причем радиус инерции по большей диагонали превышает радиус инерции исходного квадратного, что способствует дальнейшему снижению расхода материала. Таким образом, предлагаемое решение позволяет подбором отношения диагоналей ромбических профилей регулировать напряженно-деформационное состояние конструкций, позитивно влияя на их материалоемкость и несущую способность.

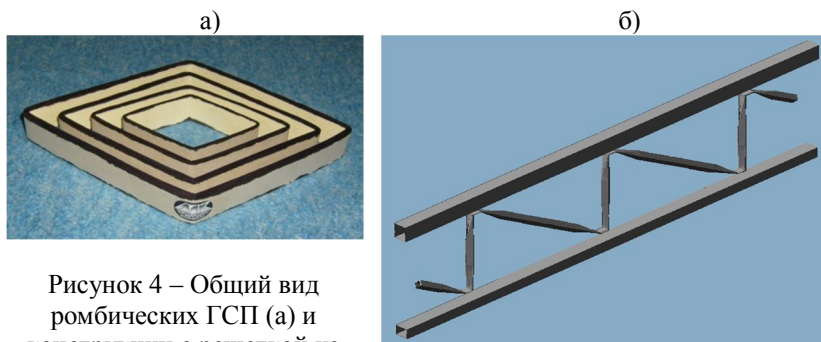


Рисунок 4 – Общий вид ромбических ГСП (а) и конструкции с решеткой из них (б)

Рассмотренную инновацию, приведенные выше, а также им подобные прорабатывают при курсовом и дипломном проектировании для ускорения их применения в строительной практике. Производство легких металлических конструкций из ГСП отличается экологической безопасностью и обеспечивает квалифицированные рабочие места, что весьма актуально для курортного региона Кавминвод и Северо-Кавказского федерального округа.

### Список литературы:

1. Морозова Д.В., Серова Е.А. Проблема технико-экономического обоснования при проектировании стыков металлических конструкций // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 219-223.
2. Быков П.А., Енджиевский Л.В. Напряженно-деформированное состояние узловых соединений трубчатых профилей в стеклопластиковых конструкциях покрытия // Известия вузов. Строительство. 2010. № 11-12. С. 3-10.
3. Пат. RU 117944 U1, МПК E04B7/00, E04B5/14. Модуль (блок) покрытия (перекрытия) из перекрестных ферм типа «Пятигорск» / А.С. Марутян, Т.Л. Кобалия; №2010139770/03; заявл. 27.09.2010; опубл. 10.07.2012; бюл. №19. 2 с.
4. Марутян А.С. Проектирование легких металлоконструкций из перекрестных систем, включая модули типа «Пятигорск»: Справочное пособие. Пятигорск: СКФУ, 2013. 436 с.
5. Копытов М.М., Матвеев А.В. Легкие металлоконструкции из пятигранных труб. Томск: СТГ, 2007. 124 с.
6. Марутян А.С., Глухов С.А., Павленко Ю.И. Пятиугольные замкнутые гнутосварные профили // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 5. С. 53-57.
7. Пат. RU 104582 U1, МПК E04C3/00. Пятиугольный замкнутый гнутосварной профиль / А.С. Марутян, Т.Л. Кобалия, С.А. Глухов, Г.М. Янукян, Ю.И. Павленко; №2009147247/03; заявл. 18.12.2009; опубл. 20.05.2011; бюл. №14. 2 с.
8. Марутян А.С., Эмба С.И. Проектирование стальных ферм покрытий из прямоугольных, ромбических и пятиугольных замкнутых гнутосварных профилей. Пятигорск: СКФУ, 2012. 156 с.
9. Пат. RU 116156 U1, МПК E04B1/58, E04C3/08. Узловое бесфасоночное соединение трубчатых элементов фермы / А.С. Марутян, Т.Л. Кобалия, Ю.И. Павленко, С.А. Глухов; №2010135714/03; заявл. 26.08.2010; опубл. 27.05.2012; бюл. №15. 2 с.
10. Пат. RU 2500863 C1, МПК E04C3/08. Металлическая конструкция с решеткой из ромбических замкнутых гнутосварных профилей / А.С. Марутян, С.И. Эмба; №2012115185/03; заявл. 16.04.2012; опубл. 10.12.2013; бюл. №34. 13 с.
11. Покровский А.А. Об учете жесткостей узлов в расчетах ферм с элементами малой гибкости // Строительная механика и расчет сооружений. 2011. № 3. С. 31-32.
12. Сальников Г.П. Краткий справочник машиностроителя. Киев: Государственное издательство технической литературы УССР, 1963. С. 106.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Меркулов С.И., д-р техн. наук, проф.**  
*Курский государственный университет*

Определению конструктивной безопасности зданий и сооружений в настоящее время посвящены многочисленные исследования, что объясняется значительным практическим интересом к данной проблеме [1-3]. Конструктивная безопасность определяется соответствием параметров эксплуатируемых конструкций проектным значениям. Такой подход к оценке конструктивной безопасности основан на методе предельных состояний, что согласуется с нормативными положениями проектирования строительных конструкций.

Длительный срок эксплуатации зданий и сооружений при одновременном проявлении силовых и средовых воздействий приводит к появлению и развитию различных повреждений, основными из которых являются коррозионные повреждения.

Конструктивная система здания или сооружения представляет сложную структуру, имеющую иерархический характер от материалов конструкций до конструктивной системы: материалы; элементы конструкций; конструкции; узлы и сопряжения конструкций; конструктивные системы.

При оценке конструктивной безопасности зданий и сооружений первоначально необходимо учитывать коррозионные повреждения материалов конструкций на фоне наличия напряженного состояния [4,5]. Протекание коррозионных процессов в бетоне зависит от знака действующих напряжений. Так, при сжатии в бетонных образцах эффективный коэффициент диффузии углекислого газа понижается на порядок, а при растяжении увеличивается на один-два порядка. Также противокоррозионная стойкость бетона зависит от уровня сжимающих напряжений. При сжимающих напряжениях, не превышающих нижней границы микротрещинообразования бетона, пористость бетона заметно снижается, происходит уплотнение структуры бетона, что снижает скорость проникновения в материал химически агрессивных реактивов по сравнению с ненагруженным бетоном. При более высоких сжимающих напряжениях в структуре бетона начинается процесс образования, накопления и развития микроповреждений, структура бетона разрыхляется, скорость проникновения агрессивных сред в структуру бетона возрастает. Таким образом, в этом случае процессы



коррозионного и силового влияния носят взаимно усиливающий характер.

В железобетонных конструкциях коэффициенты температурного расширения для стали и бетона практически равны по величине. Но при коррозионных процессах химической и физико-химической природы происходит расширение бетона, а стальная арматура не обнаруживает собственных деформаций. Но при температурных воздействиях на такие конструкции арматура испытывает собственные деформации, противоположные деформациям бетона [6]. В этой ситуации железобетонные конструкции получают специфические повреждения, а методика определения собственных напряжений в железобетоне, основанная на равенстве усилий и неразрывности деформаций бетона и арматуры, нуждается в уточнении.

Коррозионные повреждения элементов и конструкций приводят к снижению их ресурса силового сопротивления. Прежде всего, коррозия снижает поперечное сечение элементов, но кроме такого прямолинейного последствия повреждения, вызванные агрессивными воздействиями, проявляются более сложными схемами. Коррозионные изменения прочностных и деформативных параметров бетона сжатой зоны, коррозия стержней растянутой арматуры с нарушением сцепления стержней с бетоном приводят к нарушению нормативного условия ограничения высоты сжатой зоны, что делает возможным хрупкое разрушение изгибаемых железобетонных конструкций с коррозионными повреждениями при проектной нагрузке. Коррозионные повреждения приводят к образованию и развитию трещин, к снижению жесткости конструкций, к развитию значительных деформаций. При разработке теории силового сопротивления строительных конструкций с коррозионными повреждениями принята предпосылка об условно равномерном характере воздействия агрессивной среды по пролету и по высоте сечения конструкции. При такой постановке силовое сопротивление конструкции с коррозионным повреждением определяется в сечении с наибольшими внутренними усилиями. Однако из опыта обследования строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в агрессивных средах, следует, что зоны конструкций с наибольшими коррозионными повреждениями не совпадают с участками действия наибольших внутренних усилий. Отмеченные обстоятельства требуют развития теории силового сопротивления конструкций с определением опасных сечений с точки зрения коррозионных повреждений, направленности и уровня действующих усилий.

Конструктивная безопасность зданий и сооружений в значительной степени обеспечивается целостностью узлов сопряжений и связей конструктивной статически неизменяемой системы. При проектировании зданий и сооружений предпочтительно должны закладываться конструктивные решения, повышающие степень статической неопределимости системы здания. Другим условием обеспечения конструктивной безопасности зданий и сооружений является проектирование узлов соединения конструкций не подверженных хрупкому разрушению [7]. Коррозионные повреждения узлов сопряжения конструкций в составе конструктивной системы приводят к изменениям граничных условий конструкций, к перераспределению усилий между элементами конструктивной системы. В первом случае, например, для каркасного железобетонного здания при коррозионном повреждении жестких узлов сопряжения ригеля с колоннами расчетная схема ригеля меняется с жестко защемленной по концам на схему шарнирно опертой балки, что приводит к снижению силового сопротивления ригеля вдвое [8]. Во втором случае в результате перераспределения внутренних усилий между конструкциями возможны случаи возникновения в отдельных конструкциях усилий, превышающих проектные, и как следствие развитие в этих конструкциях деформаций недопустимой величины.

Относительно конструктивных систем зданий и сооружений конструктивная безопасность определяется способностью сохранять системой необходимую степень статической неопределимости, обеспечивающую восприятие проектных нагрузок при силовых и коррозионных повреждениях отдельных конструкций, узлов сопряжений и связей.

Предлагаемый иерархический подход в оценке конструктивной безопасности строительных материалов, элементов конструкций, конструкций, узлов и сопряжений конструкций, конструктивной системы требует системного подхода к созданию для рассматриваемых процессов физической, расчетной и математической моделей [9]. Остается актуальной задача разработки физической модели коррозионного повреждения железобетона с учетом режимов нагружения, изменчивости напряженного состояния, необходимость преобразования физических моделей на основе принятия мотивированных гипотез и предпосылок разработка расчетных моделей. Отсюда имеется необходимость в разработке методики и в проведении в экспериментальных исследованиях строительных конструкций и конструктивных систем для изучения закономерностей совместного

силового и коррозионного воздействия, а также механизмов трансформирования конструктивных систем вследствие их структурных изменений (изменение граничных условий, изменение жесткости узлов и других).

Теория конструктивной безопасности зданий и сооружений должна с единых позиций описывать напряженно-деформированное состояние и оценивать резервы по первой и второй группам предельных состояний на всех этапах жизненного цикла здания и сооружения на принципах учета силовых, средовых и временных факторов, технологических воздействий, конструктивной трансформации и других факторов. Теория конструктивной безопасности является основой для разработки эффективных методов реновации, реконструкции зданий и сооружений, усиления строительных конструкций, для разработки теории живучести зданий и сооружений.

Выполненные на сегодняшний день исследования, в основном, направлены на оценку конструктивной безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений и на усиление отдельных конструкций, если в этом возникает необходимость. Причем напряженно-деформированное состояние конструкции учитывается на конкретном этапе эксплуатации объекта. В современной строительной науке не изучены механизмы саморегулирования конструктивных систем под воздействием изменяющихся параметров эксплуатации, при возникновении повреждений, а также при изменении граничных условий в процессе реконструкции. В тоже время создание теории и на ее основе практических методов, позволяющих управлять конструктивной безопасностью конструктивных систем зданий и сооружений с учетом генезиса конструктивных систем, квазистационарность эксплуатации, реконструкцию и реновацию объектов, позволит обеспечить надежное и в тоже время оптимальное проектирование зданий и сооружений как на стадии проектирования объектов, так и на стадии проектирования реконструкции и реновации.

Дальнейшее развитие теории конструктивной безопасности зданий и сооружений следует рассматривать по следующим направлениям:

- исследование механизмов повреждения железобетона от силовых и коррозионных воздействий с учетом знака и уровня напряжений;
- выполнение экспериментально-теоретических исследований несущей способности, деформативности и трещиностойкости отдельных конструкций и конструктивных систем в условиях проявления коррозионных повреждений бетона и арматуры,

повреждений узлов сопряжения конструкций, изменения системы при ее усилении;

– разработка положений теории управления конструктивной безопасностью зданий и сооружений, отражающую генезис конструктивных систем, квазистационарность эксплуатации, реконструкцию и реновацию объектов;

– определение критерия конструктивной безопасности систем с учетом композиционного и силового управления конструкциями и конструктивными системам зданий и сооружений;

– разработка модели адаптационной эволюции адекватной квазистационарности конструкций и конструктивных систем.

Таким образом, сформулированы основные направления исследования и развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений. Реализация данных направлений позволит получить решения, открывающие возможность управления конструктивной безопасностью зданий и сооружений, отражающую генезис конструктивных систем, квазистационарность эксплуатации, реконструкцию и реновацию объектов, на основании критерии конструктивной безопасности систем с учетом композиционного и силового управления конструкциями и конструктивными системам зданий и сооружений.

#### **Список литературы:**

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепции и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 28-31.
2. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность эксплуатируемых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 4. С. 53-54.
3. Бондаренко В.М., Меркулов С.И. Методологические основы теории конструктивной безопасности реконструированного железобетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2008. № 3. С. 77-80.
4. Бондаренко В.М. К вопросу об устойчивом и неустойчивом силовом сопротивлении железобетонных конструкций. Орел: Изв. ОрелГТУ. Сер. Стр-во и транспорт, 2009. № 3. С. 9-18.
5. Бондаренко В.М. Коррозионные повреждения как причина лавинного разрушения железобетонных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 5. С. 13-17.

6. Подвальный А.М. Физико-химическая механика – основа научных представлений о коррозии бетона и железобетона // Бетон и железобетон. 2000. № 5. С. 23-27.
7. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях // Строительная механика и расчет сооружений. 2009. № 4. С. 5-9.
8. Бондаренко В.М., Боровских А.В., Марков С.В., Римшин В.И. Элементы теории реконструкции железобетона. Н.Новгород: Нижегород. гос. арх.-стр. ун-т, 2002. 190 с.
9. Бондаренко В.М., Федоров В.С. Модели в теориях деформации и разрушения строительных материалов // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 2. С. 103-106.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ НЕСУЩЕГО U-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ В СОСТАВЕ ПОКРЫТИЯ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ СБОРКИ**

**Мещерякова Е.В., канд. техн. наук,  
Сотникова М.В., студент**

*Липецкий государственный технический университет*

Металлопрокат – это основной продукт хорошо функционирующей экономики любой интенсивно развивающейся страны. За последние 12 лет объем выпуска российского металлопроката вырос на 45%, что в среднем составляет более 3,5 процентных пункта в год, в том числе с учетом кризисного падения в 2008-2009 гг. и восстановления в последние четыре года. Несмотря на постоянное пополнение российского рынка новыми материалами, в том числе композитными и синтетическими, металлический прокат остается одним из самых востребованных видов материалов в строительстве.

В прогрессе строительной отрасли первостепенное значение имеет развитие производства наиболее эффективных видов ограждающих конструкций, к которым, относятся профилированные стальные листы.

В настоящее время профилированные стальные листы используются в качестве настилов, несъемной опалубки в железобетонных конструкциях, как основной элемент металлического стенового и кровельного ограждения. Внедрение средств автоматизации приводит к снижению относительных затрат и значительному повышению эффективности производства. По сравнению с плоским настилом, профилированному характерно увеличение продольной жесткости при небольшой толщине. Преимуществом данного вида конструкций является новое решение монтажного стыка, позволяющее снизить трудоемкость возведения сооружения.

В Липецком государственном техническом университете в лаборатории «Испытания сооружений» кафедры металлических конструкций были проведены натурные испытания конструкций покрытия, изготовленных ЗАО «Эксергия» (г. Липецк).

Конструктивная схема панели покрытия приведена на рисунке 1.

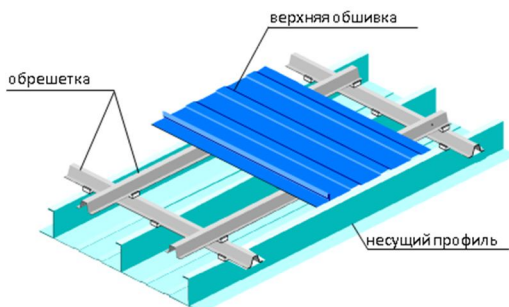


Рисунок 1 – Конструкция панелей при испытании

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с ГОСТ 21562-76, при загрузке равномерно распределенной нагрузкой. В качестве нагрузки использовался силикатный кирпич, который укладывался столбиками с зазором 3...5 см. Нагрузка увеличивалась ступенями, величиной 5...20 % от разрушающей. После каждого этапа конструкция выдерживалась в течении 15 мин, для стабилизации показаний приборов, после этого снимались отчеты. За критическую принималась нагрузка, соответствующая предельному прогибу (3 см), а за фактическую – нагрузка соответствующая максимальному нагружению.

При исследовании для измерения деформаций использовались петлевые тензорезисторы с базой 10 мм, сопротивлением 99,5...100,5 Ом. Измерения осуществлялось прибором «ИДЦ – 1», цена одной единицы дискретных показаний прибора не более 20 еод. Тензорезисторы располагались в контрольных точках с двух сторон поверхности. Влияние температурных перепадов, влияющих на показания тензорезисторов, устранялись применением в электрической цепи компенсационных тензорезисторов, наклеенных и расположенных на недеформируемой стальной пластинке, расположенной непосредственно у испытываемой панели.

Учитывая пространственность конструкций, изменения прогибов наблюдалось в продольном и поперечном направлениях. Наибольшие вертикальные перемещения зафиксированы в середине пролета. Деформации по длине панелей симметричны относительно ее середины. В поперечном направлении прогибы на всех этапах нагружения практически одинаковы.

Для всех панелей характерна потеря устойчивости стенок несущего профиля между точками раскрепления сжатой полки из плоскости. Для

определения характера изменения напряжений в середине пролета панели были наклеены тензодатчики по контуру поперечного сечения. Истощение несущей способности наступало в упругой стадии, при напряжениях в стенках несущего профиля 160...200 МПа.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что несущая способность покрытия определяется напряжено- деформированным состоянием несущего профиля. Покрытие, состоящее из тонкостенных профилей без дополнительных элементов усиления, имеет высокую деформативность (по результатам испытаний фактическая нагрузка превышает критическую до 60%). Таким образом, определяющей при оценке работоспособности конструкции, является II группа предельных состояний. Деформативность покрытия в большей степени зависит от геометрических характеристик несущего профиля [2]. Величина прогиба при равномерно-распределенной нагрузке для разрезной схемы равна:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n \ell^4}{EI_x}$$

где – поперечная нагрузка, кН/см;

– длина пролет, см;

– момент инерции расчетного сечения, см<sup>4</sup>.

Предельная нагрузка, определенная по расчетным характеристикам ТУ 5262-010-02494680-93, до 47 % ниже экспериментальной. Занижение несущей способности объясняется тем, что расчетное сечение не учитывает совместную работу профилей, входящих в несущий слой (рисунок 2).

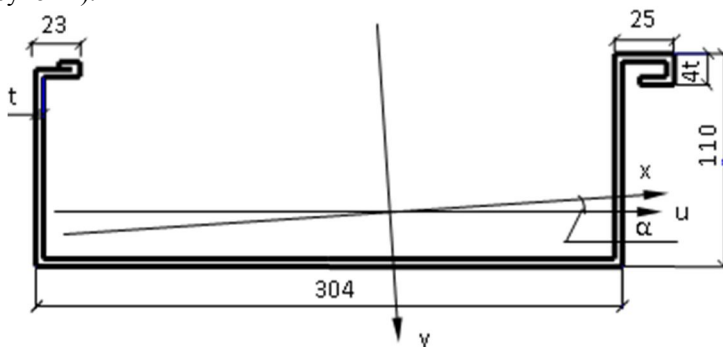


Рисунок 2 – Сечение несущего U – образного профиля



В составе покрытия отгибы несущих профилей завальцовываются, что позволяет предположить взаимное влияние каждого профиля друг на друга. Учет совместной работы элементов, образующих фальц, может быть достигнут путем введения в расчетное сечение верхнего пояса толщиной  $4t$  [1].

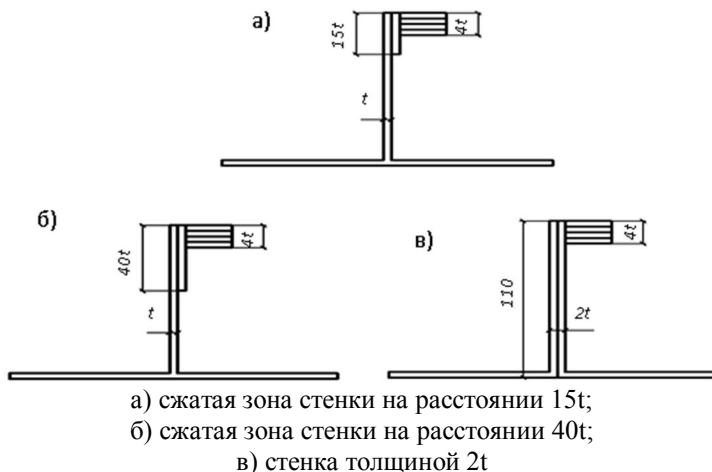


Рисунок 3 – Виды расчетных сечений

В ходе испытания панелей покрытия вертикальной нагрузкой было зафиксировано появление зазора величиной до 10 мм в местах примыкания двух смежных несущих профилей в растянутой зоне. Это вызвало необходимость рассмотрения такого расчетного сечения, в котором совместная работа стенок учитывалась только на определенном участке (рисунок 3а, б). Для каждого вида сечения получены расчетные характеристики, с учетом которых определена несущая способность исследуемых конструкции покрытия, работающих по разрезной схеме.

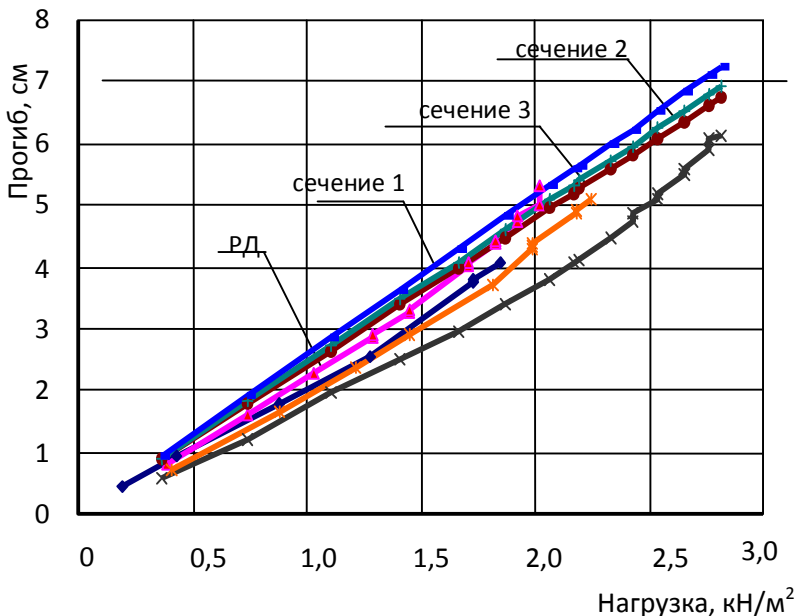


Рисунок 4 – Сравнение теоретических и экспериментальных исследований (II группа предельных состояний)

Из рисунка 4 следует, что наилучшая сходимость результатов, полученных в теоретических и экспериментальных исследованиях, достигается при использовании сечения «а».

#### Список литературы:

1. Мещерякова Е.В., Зверев В.В., Бойко О.И., Батищев В.Л. Натурные испытания металлических панелей покрытия // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: Сб. ст. III межд. науч.-тех. конф. Пенза, 2004. С. 64-65.
2. Сортамент холодногнутох профилей из оцинкованной стали для строительства. М., 2002. 150с.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЗУЧЕСТИ И РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСТРУКЦИОННОМ ПОРИЗОВАННОМ БЕТОНЕ

**Новиков М.В., канд. техн. наук, доц.**

*Воронежский государственный  
архитектурно-строительный университет*

Наряду с достигнутыми в последнее время результатами в области разработки новых видов неавтоклавных и нормально твердеющих пено-, газо- и поризованных бетонов, исследованиям вопросов ползучести, последействия и релаксации напряжений не уделялось должного внимания [1]. Это делает в некоторых случаях невозможным использование их взамен традиционным материалам, а в целом ограничивает область применения неавтоклавных и нормально твердеющих макропористых бетонов, в первую очередь поризованных бетонов, как их разновидности. В связи с этим, в данной работе представлены исследования, направленные на восполнение этого пробела применительно к сжатым элементам из поризованного бетона.

Для получения экспериментальных данных о характере изменения и закономерностях развития деформаций ползучести и упругого последействия поризованного бетона были проведены длительные испытания по методике ГОСТ 24544-81 с учетом рекомендаций [2]. Эксперименты по этим вопросам проводились на образцах-призмах размером  $100 \times 100 \times 400$  и  $150 \times 150 \times 600$  мм, изготовленных из мелко- и микрозернистого поризованного бетона средней плотностью 1200-1600 кг/м<sup>3</sup>. Одновременно исследовался плотный бетон, рассматриваемый в качестве матричного материала для соответствующих видов поризованного бетона. Для изготовления опытных элементов использовались: портландцемент марки 500 ДО Белгородского цементного завода; ПАВ воздухововлекающего действия «Пеностром»; в качестве наполнителя для микрозернистого бетона применялась зола-уноса ТЭЦ ( $S_{уд} = 300$  м<sup>2</sup>/кг,  $K_{осн} = -0,151$ ), для мелкозернистого бетона – кварцевый песок естественной гранулометрии ( $M_k = 1,4$ ). Состав бетона по соотношению Ц:Н=1:1,75.

Исследование деформаций ползучести производилось в широком диапазоне относительных уровней напряжений сжатия  $(0,15 \div 0,90)R_b$  на установках рычажного типа. Эксперименты проводились в лаборатории при квазистационарном температурно-влажностном режиме:  $t = (20 \pm 2)$  °С,  $\phi = (80 \pm 5)\%$ . Для температурно-усадочной компенсации

служили незагруженные изолированные образцы-близнецы. Возраст образцов к моменту их загрузки соответствовал 28 суткам после хранения их в нормальных условиях. Для исключения погрешностей в определении деформаций ползучести, связанных с неаддитивностью усадки и ползучести, образцы гидроизолировались. Продолжительность длительных испытаний составляла 200 сут., затем опытные элементы разгружались и на них в течение 70 сут. измерялись деформации упругого последействия. С целью проверки одной из сторон принципа наложения воздействий, одновременно в том возрасте бетона, в котором производились разгрузки образцов, впервые загружались образцы-близнецы теми же постоянными напряжениями различной интенсивности.

Перед установкой бетонных элементов на длительные испытания, а также в процессе и после завершения длительных испытаний во всех сериях экспериментов испытывались группы образцов на кратковременное действие нагрузки (табл.1). По результатам кратковременных испытаний определялись разрушающая нагрузка в момент загрузки бетонных элементов, а так же характер нарастания прочности и модуля упругости бетона во времени (рис. 1) [3].

Кратковременные испытания бетонных элементов проводились на прессе типа ПМС-20 по общепринятой методике. Регистрация продольных и поперечных деформаций осуществлялась электротензометрическим методом и при помощи индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм.

В результате анализа результатов длительных испытаний сжатых элементов из поризованного бетона установлено.

Ползучесть элементов из мелкозернистого поризованного бетона развивается во времени медленнее, чем из микрозернистых бетонов, и стабилизируется к более поздним срокам (рис. 2). При напряжениях до  $0,3 R_{bm}$  деформации бетонных элементов носят затухающий во времени характер, при напряжениях  $0,45-0,75 R_{bm}$  – слабо затухающий. При уровнях напряжений  $\sigma > 0,75 R_{bm}$  в экспериментах через некоторый промежуток времени после загрузки наблюдалось резкое увеличение скорости деформирования с последующим трещинообразованием и разрушением бетонных элементов [4].

Таблица 1 – Исходные характеристики поризованного бетона при сжатии в возрасте 28 суток

Характеристика	Вид структуры и марка по средней плотности					
	Мелкозернистая			Микрозернистая		
	D12 00	D14 00	D16 00	D12 00	D14 00	D16 00
Призменная прочность $R_{bm}$ , МПа	5,2	10,4	15,1	6,2	12,1	18,3
Коэффициент призменной прочности $k$	0,91	0,86	0,85	0,96	0,90	0,87
Модуль упругости $E_{bm} \times 10^3$ , МПа	5,7	9,9	13,6	4,2	6,8	9,1
Предельная сжимаемость $\epsilon_{bu} \times 10^{-5}$	128	140	184	230	264	304
Коэффициент Пуассона $\mu$	0,18	0,18	0,20	0,21	0,23	0,24
Верхняя граница микротрещинообразования $R_{cr}^v/R_b$	0,76 - 1,0			0,68 - 1,0		

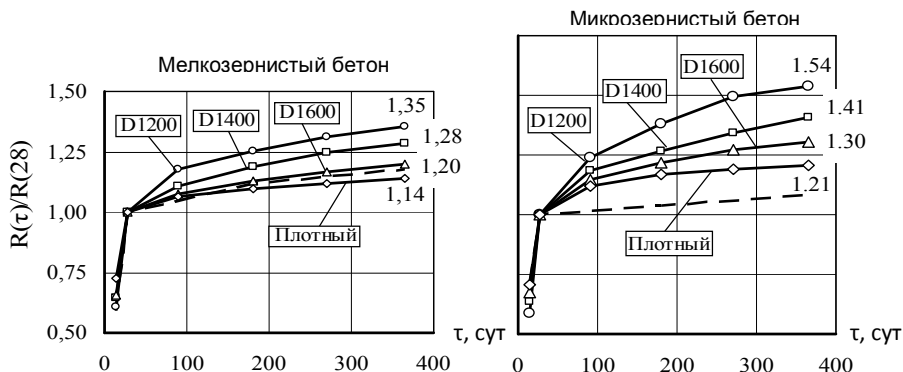


Рисунок 1 – Интенсивность нарастания относительной прочности поризованного бетона во времени: — поризованный бетон, твердевший в лабораторных условиях; - - - поризованный бетон D1200, твердевший в натуральных условиях

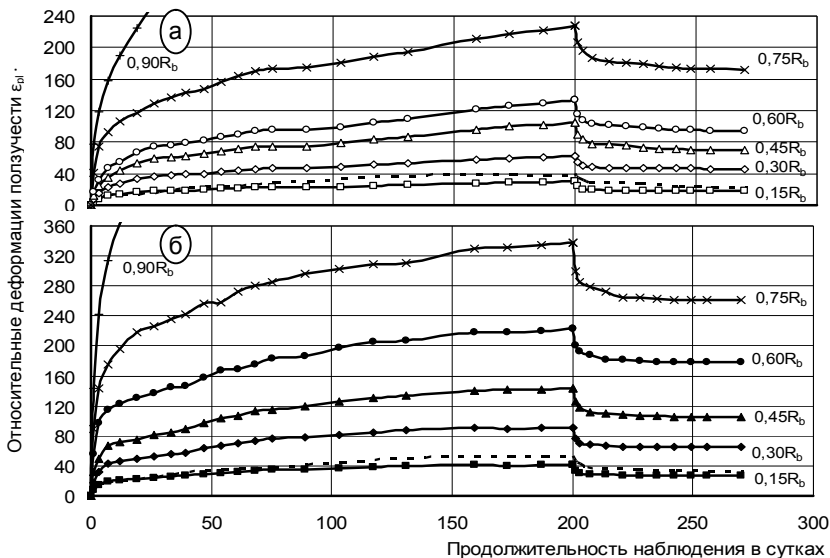


Рисунок 2 – Экспериментальные кривые относительных деформаций ползучести и упругого последействия мелко- (а) и микрозернистого (б) поризованного бетона при разных уровнях напряжений сжатия:

— поризованный бетон на примере марки D1600, загруженный в возрасте 28 сут. ;  
 - - - - поризованный бетон D1200, впервые загруженный в возрасте 15 лет напряжением  $\sigma = 0,30R_b$

Граница перехода от практически линейной ползучести к существенно нелинейной, установлена на уровне напряжений, соответствующих  $0,60 R_{bm}$  для элементов из мелкозернистого бетона и  $0,45 R_{bm}$  – из микрозернистого (рис.3). Нелинейность при меньших напряжениях носит временный характер – проявляется вблизи момента загрузки и полностью исчезает через 12-14 суток выдержки под нагрузкой. Следует отметить, что с ростом продолжительности наблюдения происходит снижение относительного уровня напряжений в связи со старением (набором прочности) бетона (рис.1). Следовательно, и граница перехода линейной области ползучести в нелинейную то же уменьшается. К окончанию опытов она составила  $0,47, 0,49$  и  $0,52 R_{bm}$  для элементов из мелкозернистого и  $0,32, 0,34$  и  $0,36 R_{bm}$  для элементов из микрозернистого поризованных бетонов марок по средней плотности D1200, D1400 и D1600 соответственно.

Деформации быстронатекающей ползучести для сжатых элементов из поризованного бетона составляли до 10-14% деформаций ползучести,

измеренных в конце опыта [6,7]. Характеристика и мера ползучести к моменту окончания опытов составили 1,7-3,0 и (12,8-49,6)·10<sup>5</sup> МПа<sup>-1</sup> соответственно для мелкозернистых бетонов и 1,3-2,6 и (15,0-58,0)·10<sup>5</sup> МПа<sup>-1</sup> – для микрозернистых бетонов. Значения данных показателей тем больше, чем ниже средняя плотность бетона и выше уровень напряжений. Бетоны плотной мелко- и микрозернистой структуры характеризуются значениями меры ползучести, равными 5,8 и 11,4 10<sup>5</sup>, МПа<sup>-1</sup> соответственно.

Предельные значения удельных деформаций ползучести  $C^*(\infty, \tau)$ , установленные регрессионным анализом и откорректированные с учетом старения бетона, характеризуются (1) и (2) соответственно для мелко- и микрозернистого бетона.

$$C_{pl}^*(\infty, \tau) = 1,1 \cdot \bar{\rho}^{-3,7} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

$$C_{pl}^*(\infty, \tau) = 1,3 \cdot \bar{\rho}^{-4,0} \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

где  $\bar{\rho} = \rho/\rho_0$  – относительная средняя плотность бетона при принятой  $\rho_0 = 1 \text{ т/м}^3$ , так что  $\bar{\rho} = \rho$  и безразмерно; коэффициенты в уравнениях – начальные значения соответствующих характеристик.

Исследование деформаций упругого последействия после полной разгрузки бетонных элементов показало, что даже при низких напряжениях наблюдается лишь частичная обратимость деформаций ползучести (рис. 2). Деформации упругого последействия поризованного бетона практически линейно зависят от напряжений, действовавших в элементах до их разгрузки, а степень обратимости деформаций ползучести  $C_{elpl}(\infty, \tau_2)/C_{pl}(\infty, \tau)$  тем больше, чем выше

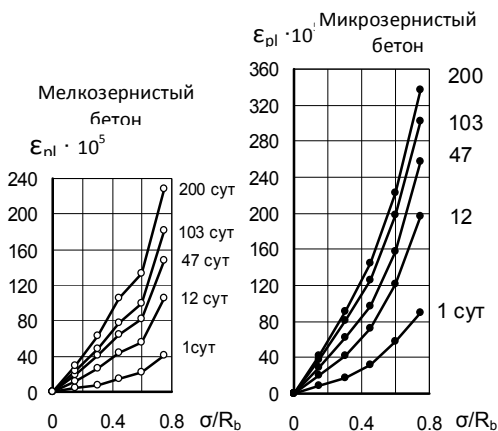


Рисунок 3 – Зависимость относительных деформаций ползучести поризованного бетона D1600 от начальных уровней напряжений во времени

марка бетона по средней плотности, а также у мелкозернистых бетонов (0,28-0,35), чем у микрозернистых (0,27-0,31).

Влияние средней плотности бетона и вида структуры на предельные значения меры упругого последействия характеризуется (3) для мелкозернистого бетона и (4) для микрозернистого:

$$C_{ep}(\infty, \tau_2) = 0,3 \cdot \bar{\rho}^{-3,4} \cdot 10^{-3} \quad (3) \quad C_{ep}(\infty, \tau_2) = 0,3 \cdot \bar{\rho}^{-4,0} \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Отличие в показателях степени свидетельствует о том, что снижение меры упругого последействия при увеличении средней плотности для микрозернистого бетона происходит менее значительно, чем для мелкозернистого бетона.

В основе многих вариантов теории ползучести [7,8,9] лежит гипотеза о строгом соблюдении принципа наложения воздействий. В соответствии с этим принципом деформации последействия образцов, подвергнутых полной разгрузки в данном возрасте  $\tau_2$ , считаются равными деформациям ползучести образца-близнеца, впервые загруженного в том же возрасте, той же ступенью нагрузки. Для поризованного бетона данный принцип не соблюдается, т.к. степень обратимости деформаций линейной ползучести составляет в среднем 0,56 и 0,47 соответственно для элементов из мелко- и микрозернистого бетона. Следовательно, вытекает нестрогость принципа наложения воздействий при разгрузках сжатых элементов из поризованного бетона.

Таким образом, установлено, что по показателям ползучести и упругого последействия, поризованный бетон естественного твердения отвечает теории упруго-ползучего тела, находящей подтверждение в частичной обратимости деформаций ползучести и предопределяемой старением бетона с соответствующим установленным изменением его механических свойств во времени.

Для аппроксимации меры линейной ползучести и изменяемости модуля упруго-мгновенной деформации поризованного бетона наиболее приемлемыми оказались модели, предложенные в работах [7,8,9]. С учетом выполненных преобразований их можно представить в виде (5) и (6) [5,6].

$$C(t, \tau) = \psi \left( 1 - \frac{e^{\gamma\tau} - A_2}{e^{\gamma t} - A_2} \right) + \Delta(\tau) [1 - e^{-\alpha(t-\tau)}] \quad (5)$$

при  $\alpha \gg \gamma > 0$ ;  $0 \leq A_2 \leq 1$ .



При этом  $\psi(\tau)$ ,  $\Delta(\tau)$  и  $\varphi(\tau) = \psi(\tau) + \Delta(\tau)$  представляют собой функции старения, монотонно убывающие с увеличением возраста бетона  $\tau$  к моменту его загрузки. При  $t \rightarrow \infty \varphi(\tau) = C(\infty, \tau)$ .

$$E(\tau) = E_0 \left[ 1 - \beta_1 \cdot e^{-\alpha_1 \tau} - \beta_2 \cdot e^{-\alpha_2 \tau} \right], \quad (6)$$

Изменение прочности поризованного бетона во времени подчиняется зависимости:

$$R_b(\tau) = k + (R_{28} - k) \cdot 0,69 \lg \tau, \quad (7)$$

где  $\tau$  – возраст бетона, сут.;  $R_{28}$  – призмная прочность поризованного бетона в возрасте 28 суток;  $k$  – опытный параметр, МПа.

Количественно о функциях  $C(t, \tau)$ ,  $E(\tau)$ ,  $R_b(\tau)$  и скорости их приближения к предельным значениям следует судить по данным табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Вид бетона и марка по средней плотности					
	Мелкозернистый			Микрозернистый		
	D1200	D1400	D1600	D1200	D1400	D1600
$\varphi(\tau) \cdot 10^{-5},$ $МПа^{-1}$	58,0	29,7	16,9	53,5	30,4	19,0
$\Delta(\tau) \cdot 10^{-5},$ $МПа^{-1}$	14,0	5,0	5,0	18,5	5,4	6,0
$\gamma, \text{сут}^{-1}$	0,003	0,003	0,004	0,0032	0,0035	0,004
$\alpha, \text{сут}^{-1}$	0,80	2,0	0,35	0,60	1,6	0,80
$A_2$	0,7	0,9	0,6	0,9	1,0	0,8
$E_0 \cdot 10^3, МПа$	7,5	12,4	16,4	5,9	8,7	11,6
$\alpha_1, \text{сут}^{-1}$	0,004	0,0045	0,0052	0,005	0,005	0,005
$\alpha_2, \text{сут}^{-1}$	0,076	0,135	0,14	0,10	0,10	0,10
$\beta_1$	0,19	0,19	0,18	0,36	0,26	0,22
$\beta_2$	0,50	1,00	1,00	0,36	0,65	0,75
$k$	3,1	7,9	13,0	2,1	6,3	12,6

Изучение напряженного состояния в сжатых элементах из поризованного бетона осуществлялось с помощью решения

интегрального уравнения (8), связывающего напряжения  $\sigma(t)$  упруго-мгновенной задачи с напряжением  $\sigma^*(t)$ , учитывающим ползучесть [6,8,9]

$$\sigma^*(t) - E(t) \int_{\tau_1}^t \sigma^*(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[ \frac{1}{E(\tau)} + C(t, \tau) \right] d\tau = \sigma(t) \quad (8)$$

Решение релаксационной задачи производилось в численном виде при помощи метода Н.М. Крылова [10]. На основании выполненных

исследований коэффициенты релаксации напряжений  $H^*(t, \tau) = \frac{\sigma^*(t)}{\sigma(\tau)}$  в сжатых элементах из поризованного бетона при действии стационарных вынужденных деформаций представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов релаксации  $H^*(t, \tau_1)$  напряжений во времени для сжатых элементов из поризованного бетона при  $\tau_1 = 28$  сут

t сут.	Вид структуры и марка по средней плотности бетона					
	мелкозернистая			микрозернистая		
	D1200	D1400	D1600	D1200	D1400	D1600
28	1	1	1	1	1	1
35	0,435	0,488	0,561	0,532	0,593	0,618
45	0,321	0,371	0,426	0,356	0,410	0,477
90	0,234	0,250	0,330	0,299	0,322	0,379
180	0,203	0,229	0,284	0,268	0,306	0,339
360	0,198	0,226	0,267	0,250	0,284	0,325
$\infty$	0,189	0,211	0,266	0,241	0,277	0,311

В результате расчета установлено, что начальные упруго-мгновенные напряжения  $\sigma(\tau_1)$  в сжатых элементах из поризованного бетона при стационарной вынужденной деформации, вызванной в возрасте 28 суток, затухают во времени при  $t \rightarrow \infty$  до 70-80%. Причем влияние ползучести поризованного бетона на снижение напряжений во времени проявляется тем сильнее, чем ниже средняя плотность бетона, а также у мелкозернистых бетонов, чем у микрозернистых.

Полученные данные могут быть использованы при расчете сжатых элементов конструкций из поризованного бетона и прогнозировании их напряженного состояния во времени.

### Список литературы:

1. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Новиков М.В. Поризованные бетоны для конструкций малоэтажных теплоэффективных жилых домов // Вестник ЦРО РААСН. Вып. 11. Тамбов–Воронеж, 2012. С. 243-251.
2. Методические рекомендации по исследованию усадки и ползучести бетона / С.В. Александровский, В.В. Соломонов. М.: НИИЖБ, 1975. 117с.
3. Славчева Г.С., Новиков М.В., Чернышов Е.М. Изменение механических свойств поризованного бетона во времени // Вестник ВолгГАСУ. Строительство и архитектура. Волгоград, 2008. № 10 (29). С. 224-229.
4. Новиков М.В., Славчева Г.С., Чернышов Е.М. Оценка силового сопротивления поризованного бетона в условиях однородного напряженного состояния // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: матер. междунар. акад. чтений. Курск, 2012. С. 36-45.
5. Новиков М.В. Закономерности ползучести сжатых элементов монолитных конструкций из поризованного бетона: дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / М.В. Новиков. Воронеж, 2010. 215с.
6. Новиков М.В. Интерпретация кривых ползучести цементного поризованного бетона в категориях и критериях теории упруго-ползучего тела // Научный Вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. Воронеж, 2008. № 3 (11). С. 16-22.
7. Александровский С.В. Расчёт бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учётом ползучести. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1973. 432 с.
8. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести. М.: Гостехтеориздат, 1952. 323 с.
9. Прокопович И.Е. Влияние длительных процессов на напряженное и деформированное состояние сооружений. М.: Стройиздат, 1963. 260 с.
10. Крылов Н.М. Избранные труды. Т.1. Киев: Изд-во АН УССР, 1961. 266с.

## РАСЧЕТ ДЛИННОЙ ТРУБЫ ИЗ СТЕКЛОФИБРОБЕТОНА, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ И ЗАПОЛНЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ

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

Стеклофибробетон находит все более широкое применение в городском хозяйстве. Примером служит система водоотвода на МКАД и водосток на монолитных участках 3-го транспортного кольца Москвы.

Рассмотрим довольно распространенную задачу расчета длинной цилиндрической трубы радиусом  $R$ , толщиной  $h$  с жестким основанием цилиндрического очертания радиуса  $R_1$ , одного порядка с радиусом  $R$ . Труба целиком заполнена жидкостью, гидростатическое давление которой определяется по формуле:

$$p = \gamma R (1 + \cos \varphi), \quad (1)$$

где  $\gamma$  – объемный вес жидкости,  $\varphi$  – полярная координата точки срединной поверхности трубы.

В результате того, что труба соприкасается с основанием по некоторой его части, имеет место конструктивная нелинейность. Требуется определить в удалении от торцов трубы: а) распределение реакций основания  $P_{con}$  на поверхности контакта; б) величину зоны контакта  $\alpha = 2 \sin \varphi_0$ ; в) напряженно-деформированное состояние трубы, как в зоне контакта, так и вне ее; г) процент армирования бетона стекловолокном и, в случае необходимости, дополнительными стержнями.

Рассматриваемая задача относится к случаю плоской деформации. На рис. 1 показаны внешние силы и внутренние усилия, действующие на элемент трубы.

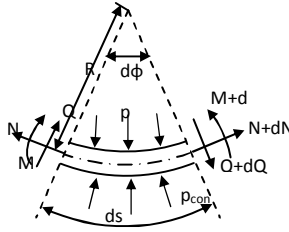


Рисунок 1 – Элемент трубы

Уравнения равновесия элемента трубы единичной ширины получаем из условия статики для плоской задачи:

$$\frac{dN}{Rd\phi} - \frac{Q}{R} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{dQ}{Rd\phi} + \frac{N}{R} - p + p_{con} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dM}{Rd\phi} - Q = 0. \quad (4)$$

Из условия совместности деформаций на основе гипотезы о нерастяжимости кольца трубы в случае малых деформаций записываем уравнение:

$$\frac{du}{d\phi} - w = 0, \quad (5)$$

где  $u$  и  $w$  – окружные и радиальные перемещения соответственно.

Наконец, принимая гипотезу плоских сечений, записываем зависимость:

$$M = \frac{EI}{R^2} \left( \frac{d^2 w}{d\phi^2} + w \right), \quad (6)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости,  $I$  – момент инерции сечения  $1 \times h$ .

Вне зоны контакта ( $p_{con} = 0$ ) система уравнений (1) – (6) приводится к одному дифференциальному уравнению:

$$\frac{d^6 u}{d\varphi^6} + 2 \frac{d^4 u}{d\varphi^4} + \frac{d^2 u}{d\varphi^2} = \frac{\gamma R^5}{EI} \sin \varphi, \quad (7)$$

решение, которого с учетом симметрии сечения представляется в виде

$$u = A_1 \sin \varphi + A_3 \varphi + A_5 \varphi \cos \varphi + \frac{\gamma R^5}{8EI} \varphi^2 \sin \varphi. \quad (8)$$

Радиальное перемещение вне зоны контакта находим, используя уравнение (5):

$$w = A_1 \cos \varphi + A_3 + A_5 (\cos \varphi - \varphi \sin \varphi) + \frac{\gamma R^5}{8EI} (2\varphi \sin \varphi + \varphi^2 \cos \varphi), \quad (9)$$

после чего зависимость (6) принимает следующий вид:

$$M = -\frac{EI}{R^2} \left[ -2A_5 \cos \varphi + \frac{\gamma R^5}{8EI} (6 \cos \varphi - 4\varphi \sin \varphi) \right]. \quad (10)$$

Затем, используя уравнение (2), находим

$$Q = -\frac{EI}{R^3} \left[ 2A_5 \sin \varphi - \frac{\gamma R^5}{8EI} (10 \sin \varphi + 4\varphi \cos \varphi) \right]. \quad (11)$$

Наконец, из уравнения (4) получаем

$$N = \gamma R^2 (1 + \cos \varphi) + \frac{EI}{R^3} \left[ 2A_5 \cos \varphi + \frac{\gamma R^5}{8EI} (4\varphi \sin \varphi - 14 \cos \varphi) \right]. \quad (12)$$

Для точек зоны контакта используем следующую зависимость [1]:

$$w = \alpha \cos \varphi - \Delta (1 - \cos \varphi), \quad (13)$$

где  $\Delta = R_1 - R$ . Из уравнения (5) находим

$$u = \alpha \sin \varphi - \Delta (\varphi - \sin \varphi), \quad (14)$$

после чего на основе зависимости (6) получаем

$$M_{con} = \frac{EI}{R^2} \Delta. \quad (15)$$

Ввиду постоянства изгибающего момента  $Q_{con} = 0$ , а величина  $N_{con}$  постоянна.

Полученные выражения (8) – (14) содержат пять неизвестных постоянных интегрирования:  $\alpha$  (или  $\varphi_0$ ),  $A_1, A_3, A_5, N_{con}$ . Они определяются из условий сопряжения свободной части трубы и зоны контакта, выражающихся в совпадении величин перемещений  $u$  и  $w$ , углов поворота  $\frac{dw}{d\varphi}$ , изгибающих моментов  $M$  и продольных сил  $N$ .

В итоге выражение для реакций основания на поверхности контакта, полученное из уравнения (3), имеет вид [2]:

$$p_{con} = \frac{\gamma R}{2} \left[ 4 + 2 \cos \varphi + \frac{1}{2} \cos \varphi_0 + \varphi_0 \sin \varphi_0 + \frac{\varphi_0 \sin^2 \varphi_0 \cos \varphi_0}{\varphi_0 - \sin \varphi_0 \cos \varphi_0} \right] + \frac{4EI\Delta}{R^4} \frac{\cos \varphi_0 \sin \varphi_0}{\varphi_0 - \sin \varphi_0 \cos \varphi_0}. \quad (16)$$

Заметим, что поперечная сила в свободной части трубы не равна нулю и на границе с областью контакта имеет скачок  $Q_{\varphi_0}$ . Это объясняется возникновением в этой точке сосредоточенной реакции.

Величину зоны контакта определяем из условия равновесия трубы:

$$G = 2 \int_0^{\varphi_0} p_{con}(\varphi) R \cos \varphi d\varphi - 2Q_{\varphi_0}, \quad (17)$$

где  $G$  – вес части резервуара с жидкостью единичной длины.

Полученное в итоге нелинейное уравнение, как следствие конструктивной нелинейности, можно решить графически, построив диаграмму  $G \sim \varphi_0$ . При заданных параметрах оболочки и жидкости и, следовательно, величины  $G$ , устанавливается зона контакта, определяемая углом  $\varphi_0$ , что позволяет построить эпюру контактных давлений  $p_{con}$ , или реакций основания.

Также становится известной продольная сила  $N_{con}$ . Это означает, что напряженно-деформированное состояние может быть определено обычным путем.

Фибровое армирование целесообразно использовать для мелкозернистого бетона [3-5]. Коэффициент фибрового армирования по объему рекомендуется принимать в пределах  $0,01 \leq \mu_f \leq 0,05$ .

Допускается при экономическом обосновании принимать  $\mu_f > 0,05$  при предъявлении к конструкции повышенных требований в части трещиностойкости.

Стальная стержневая или проволочная арматура, введенная в случае необходимости, может быть учтена путем ее приведения к фибровому армированию [6]:

$$\mu_f^{red} = \mu_f + \mu_s \left( \frac{R_s}{R_{fbt}} \right),$$

где  $\mu_s$  – коэффициент армирования стальной арматурой;  $R_{fbt}$  – расчетное сопротивление растяжению стеклофибробетона;  $R_s$  – расчетное сопротивление растяжению стальной арматуры.

#### Список литературы:

1. Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости. М.: Гостехиздат, 1949. 270 с.
2. Божкова Л.В., Рябов В.Г. О контактном взаимодействии цилиндрического резервуара с жестким основанием // Нелинейные задачи сопротивления материалов и теории упругости: Сб. тр. / Моск. инж.-строит. ин-т. М.: Изд-во МИСИ, 1974. № 118. С. 69-73.
3. Ата Эль-Карим Шоеаб Солиман. Экспериментальное исследование сопротивления срезу балок, армированных стекловолокном // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 6-10.
4. Мустафа Осман. Сопротивление срезу железобетонных балок с дополнительным дисперсным армированием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 41-47.
5. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 184 с.
6. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций (ВСН 56-97). М.: НТУ НИЦ «Строительство». 1997. 91 с.



## СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ФИБРОБЕТОНА

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

Изучение роста трещины в бетоне доказало существование области разрушения. Трудности встречаются в применении механизмов разрушения к конкретным случаям, касающимся различных механизмов упрочнения, имеющих место в области разрушения бетона, в сравнении с пластической областью податливых материалов. Эти механизмы упрочнения включают микротрещинообразование, ветвление трещины, отклонение трещины, наличие перемычки в трещине, поверхностное зацепление и закрытие трещины. Механизмы дополнительного упрочнения, возникающие от присутствия волокон, включают изгиб волокон и внутреннюю энергию разрушения волокон. Развитие механизмов потребления энергии в бетоне будет затем увеличивать его предел прочности, потому что волокна могут потреблять дополнительное количество энергии при их выходе или разрушении.

Для неармированного тела объемом  $V$  разрушение наиболее напряженного элемента  $\Delta V$  влечет за собой образование и развитие магистральной трещины (разрушение тела). Для армированного волокнами тела элементы  $\Delta V$  обладают свойством локализации трещин. Разрушение наиболее напряженного элемента  $\delta V$  влечет за собой разрушение только содержащего его элемента  $\Delta V$ , а не всего тела. По мере роста нагрузки выявляются новые разрушенные элементы  $\Delta V$ , не обязательно соседствующие с предыдущим разрушенным элементом. Процесс рассеянного разрушения в конце концов заканчивается образованием и развитием магистральной трещины (разрушением тела).

Множество элементов  $\delta V$  составляет совокупность  $C_1$ . Прочность  $\rho$  такого элемента – случайная величина, имеющая в  $C_1$  функцию распределения  $\Phi(\rho)$  и плотность распределения  $\varphi(\rho)$ .

Условимся рассматривать в дальнейшем образец цилиндрической или призматической формы, подвергнутый растяжению. Элементы поперечного сечения  $\Delta A$  состоят из элементов  $\delta A$ , представляющих собой случайную выборку  $B_1$  из совокупности  $C_1$ .

Поскольку совокупность  $C_1$  очень велика, то  $B_1$  – простая случайная выборка, что означает автономность элементов  $\Delta A$  в отношении их

состава. Выборка  $B_1$  имеет малый объем, а очень большое число элементов  $\Delta A$  образует совокупность  $C_2$ .

Так как область  $\Delta A$  фиксируется основным материалом (матрицей), то ее прочность  $r$  определяется случайной величиной  $\rho_{\min}(\Delta A)$  – прочностью слабейшего элемента  $\delta A$  и характеризуется функцией распределения [1]

$$\Psi(r) = 1 - [1 - \Phi(\rho)]^{\frac{\Delta A}{\delta A}}, \quad (1)$$

где  $\Delta A/\delta A$  – объем выборки  $B_1$ .

Элементы  $\Delta A$ , принадлежащие одному поперечному сечению образца, представляют собой простую случайную выборку  $B_2$  из совокупности  $C_2$ . Условимся, как и в работе [2], что образец имеет размеры, позволяющие не принимать во внимание проявление масштабного фактора. В таком случае выборку  $B_2$  можно отождествить с самой совокупностью  $C_2$ , то есть принять, что распределение случайной величины  $r$  в пределах отдельного поперечного сечения образца характеризуется зависимостью (1).

Обозначим  $\sigma$  номинальное напряжение в поперечном сечении образца, отнесенное к исходной площади сечения  $A$ , а  $S$  – так называемое истинное напряжение, отнесенное к реальной площади сечения в процессе деформации. Тогда

$$S = \sigma/[1 - \Psi(S)]. \quad (2)$$

С учетом зависимости (1) получаем

$$S = \sigma/[1 - \Phi(S)]^{\frac{\Delta A}{\delta A}}, \quad (3)$$

и условие разрушения образца имеет вид

$$\left. \frac{dS}{d\sigma} \right|_{s=\bar{s}} \rightarrow \infty. \quad (4)$$

С учетом того, что величина  $\Delta A$  не зависит от  $\sigma$ , используя зависимость (3), получаем уравнение для определения  $\bar{S}$ :

$$[1 - \Phi(\bar{S})]^{\frac{\Delta A}{\delta A}} = 0. \quad (5)$$

Заметим, что величины  $\delta A$ ,  $\Phi(\rho)$ ,  $\varphi(\rho)$  рассматриваются как известные параметры матрицы. Величина  $\Delta A$  зависит от дисперсного армирования и подлежит определению.

Принимаем, что  $\Delta A$  – это область поперечного сечения образца, ограниченная  $n$  волокнами, создающими условия для локализации трещины в  $\Delta A$  на первой стадии его деформирования. Предположим, что технология изготовления композиционного материала обеспечивает

равенство условий для всех областей  $\Delta A$ , то есть в среднем на каждый элемент  $\Delta A$  приходится  $\beta \Delta A$  волокон.

Вероятность того, что элемент площади  $\Delta A$  содержит ровно  $n$  волокон определяется распределением Пуассона [3]:

$$P_n = \frac{(\beta \Delta A)^n}{n!} e^{-\beta \Delta A}. \quad (6)$$

В то же время

$$p_m(\beta \Delta A) = \frac{(\beta \Delta A)^m}{m!} e^{-\beta \Delta A} \quad (7)$$

является плотностью распределения величина  $\beta \Delta A$ .

Среднее значение  $\beta \Delta A$  имеет выражение

$$\overline{\beta \Delta A} = \int_0^{\infty} \beta \Delta A p_m(\beta \Delta A) d(\beta \Delta A) = n + 1, \quad (8)$$

откуда находим величину  $\Delta A$  как ее среднее значение

$$\Delta A = \frac{n + 1}{\beta}. \quad (9)$$

Определим величину  $\beta$  в случае изотропного армирования. Ориентацию волокна зададим углом  $\theta$  между его направлением и осью образца. Для совокупности волокон одной ориентации получим [2]:

$$V_a^{ef}(\theta) = V_a(\theta) \left( 1 - \frac{l_{\theta}^{cr}}{l} \right), \quad (10)$$

где  $V_a$  – полный объем волокон в образце;  $V_a^{ef}$  – его эффективная часть;  $l$  – длина волокна;  $l_{\theta}^{cr}$  – проекция критической длины волокна на ось образца, равна  $l^{cr} \cos \theta$ .

С другой стороны

$$V_a^{ef}(\theta) = \beta_{\theta} f_{\theta} V = \beta_{\theta} \frac{f}{\cos \theta} V, \quad (11)$$

где  $V$  – объем образца;  $f$  – площадь поперечного сечения волокна. Приравнявая правые части уравнений (10) и (11), получаем

$$\beta_{\theta} = \frac{V_a(\theta)}{Vf} \left( 1 - \frac{l_{\theta}^{cr}}{l} \right) \cos \theta. \quad (12)$$

Объем пропорционален элементарному телесному углу

$$V_a(\theta) = V_a \frac{1}{4\pi} \sin \theta d\theta d\psi, \quad (13)$$

где  $\psi$  – угол, отсчитываемый в плоскости поперечного сечения образца.

Критическое состояние в композите характеризуется равенством [4]

$$\frac{1}{2} l_{cr} \pi d \tau = \sigma_{fu} f, \quad (14)$$

где  $\tau$  и  $\sigma_{fu}$  представляют собой среднюю прочность связи на поверхности контакта и предельное напряжение волокна соответственно,  $d$ —диаметр волокна,  $l_{cr}$ —его критическая длина.

В случае наклонного волокна вместо  $\sigma_{fu}$  следует ввести выражение для нормального напряжения в наклонном сечении  $\sigma_{fu} \cos^2 \theta$ . Таким образом,

$$l_{cr} = \frac{2\sigma_{fu} f}{\pi d \tau}. \quad (15)$$

Искомую величину  $\beta$  находим, интегрируя выражение (12) с учетом зависимостей (13) и (15):

$$\beta = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\frac{\pi}{2}} V_a \frac{1}{4\pi} \sin \theta \left( 1 - \frac{2\sigma_{fu} f \cos \theta}{\pi d l \tau} \right) d\theta = \frac{1}{2} V_a \left( 1 + \frac{\sigma_{fu} f}{\pi d l \tau} \right). \quad (16)$$

Статистический подход к оценке прочности фибробетона позволяет приблизить к реальным условиям проблему создания оптимального композиционного материала.

#### Список литературы:

1. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. М.: Стройиздат, 1961. 203 с.
2. Харлаб В.Д. К теории прочности фибробетона (I) // Механика стержневых систем и сплошных сред: Межвуз. тематич. сб. трудов. Л.: ЛИСИ, 1976. Вып. 9. С. 134-141.
3. Математическая энциклопедия. Т. 4. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1984. 1215 с.
4. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 184 с.

## ВОСПРИЯТИЕ ГОРОДА ЧЕРЕЗ ГОРОДСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

**Пашкова Л.А., ст. преподаватель**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Пространство всего города обжитое, сложенное из пространств человеческого общения – прямого или косвенного – все это городская среда.

Старые и новые постройки, старые и новые (часто вернувшиеся старые) названия улиц и приметных мест, вывески и витрины и их перемены, память о привычных маршрутах и уголках детских игр, свиданий, досужего времяпрепровождения – все это городская среда, носитель и наследник культурных отношений между людьми – ныне живущими и жившими здесь раньше.

Архитектура – это искусственная, созданная по законам красоты среда, в которой протекают все социальные и физиологические процессы, связанные с жизнедеятельностью человека. Формообразующими факторами, непосредственно определяемыми характером социального процесса, являются функциональное назначение объекта и его эстетическая значимость [1].

Все другие факторы зависят от этих двух главных. Функциональный и эстетический факторы определяют форму, а ее воплощение зависит от конструктивного решения объекта, строительных материалов, способов производства и т.д. Форма является материальным воплощением социальной идеи.

Современные дизайн и архитектура не только отражают общественные потребности и процессы, но и активно участвуют в формировании непосредственного окружения человека. Мы воспринимаем города через их городские пространства – улицы и площади, иначе говоря, через противоположность тому, что мы называем архитектурой. Сумма фасадов отдельных зданий обрамляет эти городские пространства, пространство города.

Для решения задач развития городского округа «Город Белгород» разработан генеральный план до 2025 года, в котором предусмотрено создание благоприятной среды жизнедеятельности для горожан, обозначены проблемы, которые накопились в городе и практически не решались или решались недостаточно.

Выделены контактные зоны города и области, выявлены взаимные интересы для обеспечения комплексного подхода к планированию населённых пунктов.

Проект генерального плана предлагает дальнейшее территориальное развитие города (за 2025 годом) в южном направлении – в сторону Дубового и Таврово вне зоны залегания полезных ископаемых.

В генеральном плане г. Белгорода решаются задачи пространственной организации города – предоставление территорий, удобных для проживания горожан, развития производства, инженерных и транспортных инфраструктур, а также развития науки, управления, образования, торговли, отдыха и других функций.

Когда архитектура рассматривается как часть городского целого, внешние требования имеют равное или даже большее влияние на отдельное здание, чем внутренние требования. При дальнейшем размышлении становится очевидным, что даже внутренние потребности каждого здания будут зависеть от его расположения в городе. Поэтому отдельные здания должны принимать существование более высокого городского порядка и подчиняться ему. Чтобы города вновь обрели жизнь, необходимо возродить улицу. Когда улицу современного города сравнивают с улицей старинного города, обычно выигрывает последняя. Это происходит не только из-за нашей эмоциональной привязанности к истории древних городов, но и потому, что старые города и их улочки обеспечивали тот тип жизни, который мы сегодня утратили.

Традиционная торговая улица превосходно выполняла эти дополнительные социальные функции. Она обеспечивала разнообразие, доступность и визуальную взаимосвязь, что создавало пространство, привлекательное для пребывания в нем. Она сочетала торговлю с другими видами деятельности, стимулировала жизнь города и, кроме того, создавала более надежную среду. В таком контексте улица превышала роль простой функциональной связки, до которой ее низвели современные градостроители. Улица, рассматриваемая как социальное пространство, становится театром, в котором актеры и зрители меняются ролями по ходу действия.

Улица как «театр» обладает мощным социальным притяжением. Наилучшим образом это было осознано в Париже. В парижских кафе на тротуарах стулья не случайно были расставлены таким образом, чтобы люди смотрели не друг на друга, а на улицу как на сцену. Несмотря на возросший уровень автомобилизации, человек может принять участие в таких социальных контактах только как пешеход [2].

В действительности, пространство улицы и развертывающиеся на ней виды деятельности образуют единое целое, подобно тому, как в хорошем спектакле декорация и действие дополняют друг друга. В градостроительстве декорация не менее важна, чем само действие, и если ею пренебрегать, пострадает качество даже лучшего городского спектакля.

Многофункциональное здание – это идея, понятие, а не определенная форма. Оно может быть использовано как строительный элемент в создании живого городского пространства, передавать идеи духовных ценностей, созданных в прошлом.

С другой стороны, многофункциональные здания – это часть городской декорации, в которой проходит жизнь города.

С усилением транспортной нагрузки и увеличением плотности застройки современный город нуждается в развитии и реконструкции городской ткани. Принципы функционального зонирования городов, провозглашенные в теории и на практике еще в начале XX в. и являющиеся основополагающими до настоящего времени, не могут удовлетворять современному этапу развития общества. Идея об автономности ключевых функций городской жизни, в определенном смысле, исчерпала себя, помочь в рекультивации городской территории может идея многофункционального здания. Новые типы многофункциональных сооружений становятся важным градостроительным звеном.



Рисунок 1 – Пример использования природного дополнения архитектурных форм для интегрирования здания с сооружением

Помимо очевидной выгоды от экономии строительных материалов, многофункциональные здания очень эффективны с точки зрения привлечения посетителей. Крупный полифункциональный общественный комплекс может стать не только центром торговли,

развлечения и семейного отдыха, но и одним из центров городской застройки, формирующих архитектурный облик города.

Количество вводимых в эксплуатацию многофункциональных центров, как во всём мире, так и в Белгороде на протяжении нескольких последних десятилетий растёт с большой скоростью. И это уже не сиюминутная прихоть рынка, а устойчивая тенденция, способная в перспективе возвести мультикомплексы в ранг доминирующего в городской застройке типа зданий. Комплексное потребление различных функций позволяет человеку более эффективно распоряжаться пространством и временем.

По другому пути развиваются многофункциональные комплексы в центральной части города. В условиях уже сложившейся исторической застройки высокой плотности главным направлением для развития крупного многофункционального комплекса является реконструкция существующих архитектурных объемов и пространств [3]. И главной архитектурной задачей становится внутренняя организация. Для многофункциональных комплексов, развивающихся в условия сложившейся исторической застройки, характерна тесная пешеходная связь с прилегающими общественными пространствами. В условиях высокоплотной застройки центральной части города эффективным является многоуровневое построение и развитие вглубь внутри дворовой территории.



Рисунок 2 – Ландшафтный дизайн дворовых пространств

Также многофункциональная структура может выступать в роли транзитной связи между крупными общественными пространствами.

При формировании городской среды или при насыщении существующей среды информационными носителями, необходимо учитывать стилистику окружающей территории, зданий и сооружений, МАФ, ландшафтного дизайна, элементов функционального оборудования города.



Вторым важным моментом, характеризующим такое расположение комплекса, является организация транспортной доступности, что в условиях сложившейся застройки центра города требует развития подземных пространств и реконструкции прилегающих территорий.

Процесс развития центра города через создание многофункциональных структур неизбежен. Несмотря ни на что, большая часть людей стремится в центр города как в место концентрации различных функций, и центр города, отвечая этим потребностям, развивается как многофункциональный комплекс, привлекая все новые функции.

В последние годы город стал «лучше просматриваться». Раскрывая углы, интегрируя скульптуры и памятники в пересечения улиц, создание уголков отдыха формирует открытое городское пространство. Первостепенное значение приобретает понимание пространства как места реализации жизненных интересов человека, что находит отражение в социальной детерминированности всех составляющих. В систему общего взаимодействия активно включаются принципы многомерного диалога, социальной адаптации, элементы концепции игры[4]. Осуществление необходимых процессов связано с функциональной программой, объединяющей наиболее распространенные специальные и универсальные функции: рекреационную и коммуникативную, познавательную и развивающую, развлекательную и игровую, спортивную и оздоровительную, эмоционально ориентированную.

#### **Список литературы:**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 12.09.2014)
2. Пашкова Л.А. Городское пространство Белгорода через многофункциональные здания // Образование, наука, производство и управление: сб. науч. и науч.- методич. тр. науч.-практич. конф. преподавателей, сотрудников и аспирантов с международным участием / СТИ НИТУ МИСиС. Старый Оскол, 2011. С. 56-60.
3. Пашкова Л.А. В реконструкции и модернизации - залог будущего // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж, 2013. №2 (2). С. 18-23.
4. Вогинов В.М. Современные приемы формирования общественных пространств в исторической среде города // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 11-14.

## ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В СТУДЕНЧЕСКИЕ ОБЩЕЖИТИЯ КАК В ВИД ДОХОДНОГО ЖИЛЬЯ

**Першина И.Л.**

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

Обычно студенческие общежития на Западе присутствуют в портфеле любого уважающего себя фонда недвижимости. Студенческая недвижимость устойчива к кризисам, даже наоборот, во время спадов в экономике сфера образования переживает рост, если не бум (подробнее см. «Студенческая недвижимость в мире – одна из самых доходных отраслей») [1]. К сожалению, в России мы видим совсем другую картину.

В нашей стране студенческие общежития – это убитое жилье советских времен с тесными комнатами, обшарпанными стенами – площадь определяется из расчета 6 кв. м на жильца, в комнате живут по двое-трое, иногда четверо. В таких условиях очень тяжело учиться, у студентов нет личного пространства, уровень комфорта – ниже сложно представить.

Собственниками общежитий являются университеты, которые не имеют права устанавливать рыночную стоимость за проживание. Плата за жилье в общежитии составляет около 5% от стипендии – этих денег не хватит даже на то, чтобы нанять уборщицу, не говоря уже о том, чтобы заниматься ремонтом, поэтому вузы изыскивают на это средства из внебюджетных источников. Студентам приходится самостоятельно делать ремонт в комнатах и закупать необходимую бытовую технику.

Многие инвесторы в недвижимость в России пока не видят перспектив для развития сегмента частных студенческих общежитий – в нашей стране очень маленький процент как иностранных, так и иногородних студентов, даже несмотря на введение ЕГЭ. Для сравнения: в Великобритании 60% студентов – это иностранцы, при этом на студенческие общежития существует стабильный внутренний спрос со стороны самих британцев – редко кто живет в городках, где находятся лучшие университеты [2].

Выходом из такого положения может стать только заинтересованность девелоперских компаний, которые намерены возводить частные общежития. При этом, заполняемость должна

обеспечиваться самими университетами, как это происходит на Западе. Там только 10% студенческих общежитий принадлежат университетам.

Еще одна проблема – уровень арендных ставок. Частных инвесторов интересует доходность, значит, придется устанавливать рыночную плату за проживание. А это в свою очередь означает социальную адресность жилья, т.к. получится, что жить в частных общежитиях смогут лишь те, кому это по карману.

Ситуация, когда государство само вынуждено строить жилье для студентов, говорит: этот сегмент частной экономике не интересен. Если не изобретать велосипед и просто сделать, как это делают уже по накатанной схеме в мире, то ситуация развернется на 180 градусов. Схема проста. В России не должно существовать государственных или университетских общежитий. Необходимо передать их в частные руки, но при двух условиях. Установление максимального потолка аренды и повышение арендных ставок только на величину ежегодного государственного индекса повышения арендных ставок.

Перспективы для частных общежитий и спрос на них есть, но для их реализации нужна политическая воля. При условии выхода на этот рынок частных инвесторов и возможности назначать более-менее рыночную плату за проживание с минимальной ежегодной индексацией, как это сделано во Франции, Германии, Великобритании, этот сегмент ждет колоссальный бум.

Взаимодействие жилой и учебной функций на сегодняшний день является концептуальным предложением, следствием принятия новых образовательных стратегий в высшем образовании. Под жильем следует понимать студенческие общежития многофункционального типа. Но возникновение этой идеи протекало в социокультурном контексте, отражая изменение модели общественного устройства. Факт интеграции жилой и учебной функций целесообразно рассматривать как одно из наиболее актуальных направлений развития доходных комплексов в контексте ресурсопроизводящей модели городского развития. Являясь одним из типов коммерческих комплексов, содержать в себе функциональную, пространственную структуру и особенности функционирования согласно типологическим критериям доходных комплексов. Влияние типа интегрированного жилого образования на определение структуры доходных комплексов рассматривалось в работе «Структура доходных комплексов с обслуживанием» [3].

Объемное формообразование играет также немаловажную роль, о чём подробно изложено в статье «Систематизация концепций философии архитектурной формы» [4].

С целью разработки научно-обоснованных рекомендаций по архитектурно-планировочной организации жилища для учащейся молодежи с учетом современных культурно-возрастных и социально-бытовых требований проводятся различные социологические исследования [5]. В задачи исследований входит выявление потребности учащейся молодежи во временном жилье и определение динамики ее роста; изучение основных требований, предъявляемых молодежью к жилищу в современных условиях.

Под понятием интеграции функций жилых и учебных образований следует понимать форму предоставления этого жилья и методы обеспечения функционирования образовательного института. Принимая во внимание динамику роста принимаемых в ВУЗ на платной основе, преимущественно иногородней молодежи, следует предполагать потребность в улучшенных многофункциональностью форм организации жилья.

Одним из ключевых требований людей, приобретающих образование, к архитектурной среде является обеспечение условий для развития новых форматов учебы и жизни, что определяет качественно иной подход к моделям взаимодействия жилой и образовательной структур. В данном контексте интеграция учебной функции становится одним из ведущих направлений развития жилых комплексов.

Проектные предложения должны раскрыть возможность интеграции жилой и учебной функций как модели гибридного типа. Учитывая приоритет самообучающего фактора в высших учебных заведениях необходимы проектные изыскания, апробирующие функциональную сочетаемость блоков различного назначения. Под такими блоками следует понимать:

1) блок помещений, предназначенных для хранения, систематизации и предоставления информации различного вида. Примером могут служить предприятия библиотек и медиатек;

2) учебные и лабораторные блоки, предназначенные для научных экспериментов и малой производственно-коммерческой деятельности. Вместо учебно-лабораторных блоков возможно принятие проектных или художественно-прикладных мастерских;

3) специализированное жильё для студентов и преподавателей.

Таким образом, функциональное сочетание жилья и медиа-, библиотек создаст стимулирование интенсивности обучающего процесса и взаимодействия между студентами путем создания среды, открытой для неформального общения. И, наконец, такое дуальное сочетание создаст пространственное разнообразие жилой среды. А

аспект производственно-коммерческой апробации позволит формировать ориентацию социальной активности.

Таким образом, учебно-жилые комплексы, включающие развитую инфраструктуру и сочетающие гибкие планировки жилых ячеек с многофункциональными технически оснащёнными пространствами, могут быть непреложной частью обучающего процесса. Это даст возможность ориентироваться не только на теоретическую познавательную деятельность, но и на гибкие формы трудовой деятельности, предполагающие непосредственное участие в процессе – альтернативной творческой трудовой мобильности становится трудовая доступность. Инновационные и творчески ориентированные предприятия позволяют рассматривать учебно-деловую активность как катализатор формирования социокультурных центров, в значительной степени способствующих культурному обогащению жилой среды.

Сочетание перечисленных блоков возможно обеспечить посредством различных функционально-пространственных схем. В том числе:

- дисперсионного включения жилых ячеек в «библиоучебки»;
- дисперсионного включения «библиоучебок» в жилые ячейки»;
- дисперсионного включения проектных или художественно-прикладных мастерских в жилые ячейки с «библиоучебками», и т.д.

Такие тенденции пространственного взаимодействия самообучающей и жилой функций показывают, что модели интеграции обладают значительным потенциалом для развития в рамках интеллектуальной ресурсопроизводящей концепции развития учебных заведений.

Косвенным аналогом такой концепции служит исследование В.А.Колгашкиной [6] тенденций интегрального взаимодействия офисной и жилой структур. В основе их построения лежит «комбинирование жилых единиц и многофункциональных пространств, а также наличие единой развитой инфраструктуры, работающей на различные категории пользователей. Подобная схема подразумевает гибкие планировки квартир и широкую вариативность типов и параметров офисных пространств, а также развитую систему коммуникационных площадок. В структуре жилья с минимизированными площадями, общественные зоны также компенсируют недостаток рекреационных площадей в составе жилых единиц».

Студенческая недвижимость – это абсолютный лидер по степени полезности площади. Для сравнения: «квадрат» этого весьма скромного

жилья для студента приносит инвестору доходность, сравнимую с единицей площади в 4-х звездочном отеле. У студенческой недвижимости есть ещё одно важное преимущество – она устойчива к кризисам, т.к. во время спадов в экономике сфера образования переживает настоящий бум.

Для инвестора студенческая недвижимость – идеальный вариант. Низкий порог входа на этот рынок делает инвестицию доступной даже среднестатистической семье из спального района. В Германии порог входа составляет 10 000-12 000 евро, в Великобритании чуть больше – от 20 000-30 000 фунтов в маленьких городках, до 120 000-150 000 в Лондоне.

Одно из главных преимуществ для инвестора при вложении средств в студенческую недвижимость – это пассивное управление, то есть все сопутствующие проблемы (заполняемость, страхование, ремонт и т.д.) отдаются в руки специализированной компании. В секторе жилой недвижимости нет централизованного управления. Там это всегда агент, которого трудно поменять, находясь на расстоянии. К тому же традиционные издержки выше, т.к. управляющий студенческими общежитиями отвечает за целый блок студий, а не за одну квартиру, как в случае с жилой.

#### **Список литературы:**

1. Индриксонс И. Студенческая недвижимость в мире –одна из самых доходных отраслей [Электронный ресурс]. URL: [www.imn.ru](http://www.imn.ru)
2. Индриксонс И. Студенческая недвижимость в России бесперспективна для бизнеса [Электронный ресурс]. URL: [www.imn.ru](http://www.imn.ru)
3. Першина И.Л., Кан А.Ю. Структура доходных комплексов с обслуживанием, «Будущее науки – 2013», Курск, 2013. т.2. С. 166-169.
4. Першина И.Л. Систематизация концепций философии архитектурной формы // Вестник БГТУ им.Шухова. 2012. № 4. С. 76-80.
5. Верещагина Э.И. Основная проблематика и тенденции формирования студенческих общежитий. АМІТ. 2012. 2 (19).
6. Колгашкина В.А. Интеграция жилой и деловой функции в контексте интеллектуальной ресурсопроизводящей модели городского развития [Электронный ресурс]. URL: [www.marhi.ru](http://www.marhi.ru) / АМІТ /2012/1 kvart 12/kolgashkina.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ РЕКРЕАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕЛГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

**Перькова М.В., канд. арх., проф.,  
Большаков А.Г., д-р арх., проф.**

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

Город – это сложная структура, которая обладает свойствами самоорганизации. Как урбанизированная территория представляет собой пространственно-планировочную решетку, элементы которой дифференцированы по видам городской жизнедеятельности и видам инвестиционной активности. Эта решетка повторяет опосредованно формообразующие линии природного ландшафта, на основе которого формируется планировочная структура города [1].

Говоря о развитии рекреационной системы Белгородской агломерации, необходимо учитывать существующие проблемы территориального устройства и функциональной эффективности агломерационной и внутригородской территориальной рекреационной системы (ТРС):

1. Проблема маловодности территории, незначительной расчлененности территории, компактная застройка образует плотное пятно, усугубленное расположением промышленности с запада и с востока от основной полосы жилой застройки.

2. Проблема карьеров, в основном меловых, которые одновременно являются хорошей возможностью для развития рекреационной системы Белгородской агломерации.

3. Проблема пойм рек Везелки и Северский Донец. Реки Везелка и Северский Донец, представляющие собой пространственные оси, вокруг которых на противоположных холмах сформировалась жилая застройка, находятся в неудовлетворительном состоянии как по землепользованию и экологии, так и по отношению к городу и агломерации. Основу территориальной рекреационной системы, по нашему убеждению, составляет долина реки Северский Донец с его притоками. Но для того, чтобы использовать имеющийся природный потенциал ландшафтов долины Северского Донца, необходима реконструкция видов землепользования реки, которое в ряде мест перегружает экологическую емкость долины. Для улучшения состояния ТРС города и агломерации необходимы технические и технологические

мероприятия на существующих цементных и иных заводах, расположенных в границах ТРС [3].

Ключевые позиции совершенствования ТРС Белгорода на уровне агломерации включают:

1. Природные предпосылки использования долин рек и ручьев, водотоков, водоемов, оврагов и балок. Ландшафты долин рек и ручьев, овраги и балки являются аккумулятивными ландшафтами и не только накапливают и дренируют воду, одновременно орошая свои бассейны. Они являются как бы кровеносной системой влагоснабжения территории, создавая лучшие условия растительности по долинам рек и долин с временными водотоками. Формирование ландшафтных комплексов долин в степной и лесостепной зоне не только улучшает состояние и урожайность полей, предупреждает рост оврагов, но и делает более благоприятными ландшафты для рекреационной деятельности [2].

Сеть притоков Северского Донца и четыре основных временных водотока, попадающие в Северский Донец, нуждаются в рекультивации и местами в реанимации. Эти четыре линейных фильтра по своей ландшафтной сути являются теми ландшафтами, которые ведут финальную очистку стока, поступающего в реку. Река и четыре линейных луча плюс пятый луч долины самой реки Северский Донец образуют природный каркас Белгородской агломерации. Указанные составляющие природного каркаса могут послужить эффективному формированию территориальной рекреационной системы. Здесь есть предпосылки для оптимизации и увеличения разнообразия зеленых насаждений, в том числе древесной растительности. В случае заболоченности днищ на отдельных участках, где планируется создание локальных объектов территориальной рекреационной системы: приютов, турбаз, пикниковых стоянок, можно применять комплекс мер, как по выбору более высоких площадок для малого рекреационного строительства, так и по формированию поверхностей (водных или иных), замещающих болотный микроландшафт (фацию, или группу фаций).

2. Функционально-планировочные условия формирования городских незастроенных ландшафтов в качестве элементов природного рекреационного ландшафта. Одним из основных условий формирования луча рекреационной активности, служит наличие в оптимальной близости к нему автомобильной или рельсовой дороги. В схеме «Концепция градостроительного развития жилых районов пригородной зоны г.Белгорода мы видим, что это условие выполняется достаточно



хорошо. В примыкании ко всем упомянутым лучам проходят либо магистральные, либо местные дороги.

3. Основные регламенты ТРС – зоны в составе территориального планирования города Белгорода и Белгородской агломерации:

-защита выделенных земельных участков, границ ТРС в целом в государственном органе регистрации прав на недвижимость (установить и закрепить границы имеющихся ценных рекреационных ресурсов);

-допустимая плотность и рекреационная емкость (плотность рекреационных участков типа общегородских парков не должна превышать 100 чел/ га, рекреационные элементы умеренной интенсивности нагрузки по плотности не должны превышать 50 чел/га, особо хрупкие и ценные экосистемы должны быть регламентированы по плотности не более 10 человек одновременного пребывания на 1 га);

-основные виды разрешенного использования: рекреация, физкультура и спорт, медицинские и образовательные услуги (площадь застройки от площади выделенного рекреационного участка должна составлять не более 10%, основной формой использования должны быть прогулки, активные игры, рыбалка, занятия физкультурой, оздоровительно-профилактические услуги, экологическое просвещение);

-отдых за счет любования эстетическим качеством открытых природных пространств (выявление видовых площадок, с которых раскрываются наиболее выразительные пейзажи, соединенных тропами и остановочными пунктами между собой);

-оздоровительное действие воды (получение обоснованных границ водоохранных зон, прибрежных защитных полос общего и ограниченного пользования; выделение участков рекреационного использования: пляжей, спортивных площадок, лодочных и спасательных станций);

-оздоровительное действие лесом (прокладка туристических троп, экспонирование наиболее живописных участков);

-достопримечательные историко-культурные места как ресурс территориальной рекреационной системы (выявление границ достопримечательных мест, изучение свойств и истории и их оценка с точки зрения допустимости использования для размещения туристов и рекреантов) [4];

-рекультивация карьеров и других типов нарушенных территорий в целях их включения в ТРС (карьеры и отвалы должны быть оценены как с позиций инженерно-геологической устойчивости и безопасности, так

и возможности устройства трасс экстремальных видов спорта, в исключительных случаях строительство зданий приютов и т.п.);

-активный рельеф в качестве эстетического и оздоровительного фактора рекреации (выявление визуальных коридоров как выразительных форм рельефа – водоразделов, овражно-балочных и гребнево-ложбинных безлесых и лесопокрытых форм, их присоединение к площадкам рекреации как места активного всепогодного отдыха.

-обеспечение транспортной доступности ТРС природного каркаса и требования к организации общественного транспорта и пешеходных подходов (организация местных проездов и транспортно-пешеходных путей от мест отдыха к малым населенным пунктам, интеграция автостоянок и остановок общественного транспорта с ближайшими поселениями);

-обеспечение мусороудаления за пределы зоны ТРС и инженерно-санитарное оборудование ТРС.

4. Определение ориентировочных объемов гидроресомелиоративных мероприятий, обеспечивающих поддержание рекреационной емкости территорий.

5. Ключевые позиции совершенствования ТРС внутригородского масштаба: сеть парков, скверов, бульваров, пешеходных улиц, открытых общественных пространств, благоустройство и озеленение набережных городских водотоков; обеспечение непрерывности ТРС городского масштаба и иерархической связности с ТРС Белгородской агломерации:

5.1. Определение основных элементов ТРС городского масштаба: парков, городских лесов, скверов, бульваров, набережных, водотоков рек Везелки и Северского Донца в границах городской черты, пешеходных озелененных улиц, общественных центров; обеспечение пешеходных и транспортных походов к элементам городской ТРС.

5.2. Разработка основных регламентов организации элементов городской ТРС:

-выделение земельных участков и защита границ элементов городской ТРС в государственном органе;

-проведение разумной границы между парком и городской жилой застройкой;

-интеграция объектов общественного центра и территорий озеленения и благоустройства;

-обеспечение инженерной инфраструктуры элементов городской ТРС (создание системы водоснабжения и полива поверхностей,

создание системы наружного управляемого освещения, вертикальная планировка, решающая как утилитарные, так и художественные вопросы;

-подбор ассортимента растительности для эффективной реконструкции элементов ТРС;

-проектирование благоустройства городских ТРС;

-праздничное и мемориальное оформление городских ТРС, посвященных важным историческим событиям страны, региона, города.

6. Определение ориентировочных объемов реструктуризации территорий, повышающих их рекреационное качество: упорядочение рельефа [4], инженерное оборудование, совершенствование системы зелены насаждений, функциональное обустройство территорий для физкультуры, отдыха, познавательного туризма.

#### **Список литературы:**

1. Большаков А.Г. Противоречия развития города и градостроительное образование // Управление развитием территорий. 2010. № 4. С. 34-38.
2. Большаков А.Г., Лоншаков Д. Повышение экологического благополучия района в г. Белгороде путем преобразования ООПТ в окружении застройки в парк с природоохранными функциями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 47-52.
3. Отчет о научно-исследовательской работе на разработку «Схемы территориального планирования Белгородской области» (выполненной по Государственному контракту № 1-ГК/06 от 25 мая 2006 г. с Управлением архитектуры и градостроительства Белгородской области). Электронный ресурс. <http://www.belregion.ru>
4. Перькова М.В., Крушельницкая Е.И. Экологические проблемы гармонизации ландшафтно-рекреационной среды объектов отдыха и туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 11-15.

## ОБРАЗ ГОРОДА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ И СТРУКТУРЫ

**Перькова М.В., канд. арх., проф.,  
Горожанкина А.С., ассистент**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В начале XXI века вопросы городского развития тесно связываются с образом города. Положительный образ города необходим для привлечения финансовых инвестиций, туристов и улучшения социального уровня жителей города [11,12]. Образ – очень широкое понятие, включающее в себя множество других, таких как имидж, субимидж, стереотип, миф и др. В самом широком смысле образ города можно определить как совокупность характеристик города, отраженных в сознании людей. Целенаправленно формируемый образ города называется *имиджем города*. В Социологическом энциклопедическом словаре даны сразу два определения: 1) Имидж – это «внешний образ, создаваемый субъектом, с целью вызвать определенное впечатление, мнение, отношение у других»; 2) Имидж – это «совокупность свойств, приписываемых рекламой, пропагандой, модой, предрассудками, традицией и т.д. объекту с целью вызвать определенные реакции по отношению к нему»[5]. Говоря о конструировании имиджа города, цели могут быть самыми разнообразными в зависимости от того, кто выступает субъектом. Имидж города конструируется администрацией, СМИ, выдающимися деятелями различных сфер общества, населением.

На имидж города влияет так называемый субимидж города, т.е. имидж объекта, входящего в состав города. *Субимидж города* – это комплекс ассоциативных представлений, сгруппированных вокруг базового представления о некотором объекте, который ассоциативно связан с имиджем города [6]. Для региона субимиджами являются: имидж субрегиона, регионального лидера, региональной компании или фирмы. Субимиджи оказывают значительное влияние на имидж города – имидж региональной компании может стать «визитной карточкой» города.

Существует группа определений, в которых имидж отождествляется с образом города. Дело в том, что в переводе с английского языка термин *image* звучит, как образ, представление, изображение. Например, международное определение имиджа территории, которое было дано Всемирной организацией по туризму, таково – «это совокупность эмоциональных и рациональных

представлений, вытекающих из сопоставления всех признаков страны, собственного опыта и слухов, влияющих на создание определенного образа» [8].

Итак, *образ города* можно определить как относительно устойчивую и воспроизводящуюся в массовом и/или индивидуальном сознании совокупность эмоциональных и рациональных представлений о городе, складывающуюся на основе всей информации, полученной о нем из различных источников, а также собственного опыта и впечатлений.

Различают несколько видов образа города по различным основаниям. По воспринимаемому образ субъекту он делится на внутренний и внешний, подаваемый и принимаемый. Носителями *внутреннего образа* являются жители данного города, *внешнего* – гости города и население других поселений [11]. *Подаваемый имидж* отражает мнение жителей о восприятии их города остальным населением. *Принимаемый имидж* – мнение жителей других населенных пунктов о данном городе. Если подаваемый и принимаемый имидж значительно отличаются друг от друга, то субъекты имиджа неверно позиционируют свой город [7]. По числу носителей образа города выделяют *индивидуальный* и *групповой* образ. Групповой, или общественный, образ города создается наложением одного на другой множества индивидуальных.

По способу восприятия образ города делится на *осязаемый* и *неосязаемый*. Осязаемый образ создается вследствие восприятия города при помощи пяти чувств: впечатление о городе складывается из того, что можно увидеть, услышать, почувствовать, вдохнуть, потрогать. К этому виду относится все, начиная от названия города, его символики, заканчивая архитектурой и чистотой улиц. Неосязаемый образ города представляет собой эмоциональные связи с определенным городом. Зачастую средства массовой информации формируют предпосылки неосязаемого образа [1].

Образ города имеет некоторые признаки (свойства) и структуру. Свойства образа города:

1. **Изменчивость.** Образ города не статичен и изменяется во времени. Образ города складывается и изменяется как стихийно, так и целенаправленно. Изменение образа города зависит от многих факторов: экономическая ситуация, неожиданные перемены, государственная и градостроительная политика, технические новации.
2. **Историчность.** Образ города всегда вплетен в некоторый исторический контекст и социальную ситуацию. Он не может быть вне

нации, менталитета, мировоззрения. «Образ города имеет свою судьбу. Каждая эпоха порождает свое восприятие. Смена эпох создает постоянно меняющийся образ города и вместе единый в чем-то основном, составляющем его сущность как органического целого» [3].

3. **Относительная устойчивость.** Устойчивость образа города зависит от его яркости, места города в народнохозяйственном понимании и сложившихся стереотипов. Например, образы Рима, Венеции, Парижа являются относительно статичными [4].

4. **Комплексность.** Все составляющие части образа города взаимосвязаны, изменение какой-либо черты влечет за собой переосмысление других черт.

5. **Зависимость от объективных характеристик городского развития.** Образ города описывается через субъективное отношение к городу различных групп населения.

Существуют региональные характеристики, которые влияют на образ города:

1) население (демографические характеристики, этническое и конфессиональное разнообразие);

2) экономика (структура рынка труда, экономические показатели такие, как уровень зарплат и прочее);

3) образование, культура, наука;

4) средства массовой информации;

5) здравоохранение, спорт;

6) политика, властные структуры;

7) региональная нормативно-правовая база;

8) коммунальное и транспортное хозяйство;

9) архитектура, историческое прошлое;

10) географические характеристики (климат, рельеф и пр.) [6,11].

Изменение этих характеристик, а также представления о них происходит как стихийно, так и целенаправленно в процессе имиджевой политики города.

**Структура образа города.** Образ города состоит из следующих составляющих: статус города, облик города, душа города, городской фольклор, стереотипы о городе, городская мифология, эмоциональные связи с городом, городская символика. От них зависит яркость образа города. Под *обликом города* понимается его внешний вид (архитектура, достопримечательности, природные особенности, местоположение, благоустройство и т.п.) [4]. Облик большого современного города все меньше зависит от природного ландшафта. Освальд Шпенглер пишет, что «силуэт города противоречит линиям природы» [12]. И если облик

небольших провинциальных городов неразрывно связан с природной средой и ландшафтом [9], то в облике мегаполисов большее значение играет «искусственная природа».

Для того, чтобы разобраться в структуре городского пространства, необходимо обратиться к теории зрительного восприятия города Кевина Линча. Он выделил основные элементы, посредством которых человек как бы строит «каркас» города в своем сознании. Такими элементами являются пути, границы, зоны, узлы и ориентиры.

1. **Пути** – это коммуникации, вдоль которых наблюдатель может перемещаться (улицы, автомагистрали, железные дороги, каналы).

2. **Границы или края** – это линейные элементы среды, которые находятся на стыке двух состояний среды. К ним относятся берега рек, края жилых районов, стены, железнодорожные выемки.

3. **Районы** – это части города, в которые наблюдатель мысленно входит «изнутри».

4. **Узлы** – это знаковые места или стратегические точки города, в которые наблюдатель может свободно попасть; фокусирующие пункты, к которым он движется.

5. **Ориентиры** – это места или точки города, которые остаются внешними по отношению к наблюдателю, он не вступает в их пределы (высотные доминанты, стелы, памятники и пр.)

Таким образом, на основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Образ города – это относительно устойчивая и воспроизводящаяся в массовом и/или индивидуальном сознании совокупность эмоциональных и рациональных представлений о городе.

2. Образ города обладает свойствами изменчивости, историчности, относительной устойчивости, зависимости от объективных характеристик городского развития. На изменение образа города влияет экономическая ситуация, неожиданные перемены различных сторон жизнедеятельности города, государственная и градостроительная политика и технические инновации.

4. Существует зависимость образа города от объективных региональных характеристик развития. Элементы структуры городского пространства позволяют человеку формировать и оценивать «каркас» города в своем сознании.

5. Изменение имиджа города происходит в результате имиджевой политики, проявляющейся в городском планировании и пропаганде разных сторон жизнедеятельности города, качества его продукции и

услуг, истории и традиций, ярких проявлений сотрудничества с другими регионами и странами.

#### Список литературы:

1. Абышева Ю.Ю. Проблема формирования имиджа города: социально-управленческий аспект: дис... канд. соц. наук: 22.00.08 / Ю.Ю. Абышева. Н. Новгород, 2005. С. 105, 117, 120-121.
2. Абышева Ю.Ю. Указ соч. С. 110.
3. Анциферов Н.П. Душа Петербурга. Электронный ресурс <http://belolibrary.imwerden.de> (Обращение 5 мая 2006).
4. Дмитриевская Н.Ф. Указ. соч. С. 114-115.
5. Имидж // Социологический энциклопедический словарь. М., 2000. С. 97.
6. Кирюнин А.Е. Имидж региона как интериоризация культуры. М.: Книжный дом «Университет», 2000. С. 144.
7. Матюшевская П.А., Ефимова Н.В., Маевская Е.В. Имидж // Социология: Энциклопедия. Мн., 2003. С. 359-360.
8. Панкрухин А.П. Имидж Москвы: динамика и ресурсы развития // Имиджеология-2004: состояние, направления, проблемы. М., 2004. С. 108.
9. Перькова М.В. Малые города как фактор устойчивого развития территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 63-66.
10. Перькова М.В., Крушельницкая Е.И. Экологические проблемы гармонизации ландшафтно-рекреационной среды объектов отдыха и туризма // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 11-15.
11. Петрова Е.А. Имидж Москвы – имидж столицы России // Имиджеология – 2004: состояние, направления, проблемы. М., 2004. С. 106-108.
12. Шпенглер О. Закат Европы. Мн.: Харвест, М.: АСТ, 2000. С. 788.



## **ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВКИ КВАРТАЛОВ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ г. БЕЛГОРОДА**

**Попова В.Ю., ассистент,**

**Большаков А.Г., д-р арх., проф.**

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

Современное градостроительство включает социальные и экологические проблемы. Это означает, что социальные факторы так же важны в планировке кварталов, как и значение конструкций.

Жилая среда рассматривается как внешняя, дополнительная часть жилища и охватывает территорию не только в непосредственной близости от дома, но и скверы, улицы, переулки, на которых реализуются повседневные, бытовые и рекреационные потребности населения. Такое определение жилой среды заставляет по-новому оценить ее место в городе, ее социальные функции и социальную эффективность, методы формирования [4]. Под социальной эффективностью принципов и приемов планировки кварталов понимается транспортная доступность, экологическое благополучие, обеспеченность жилой площади, обеспеченность объектами социальной инфраструктуры, эстетическая выразительность. При проектировании важен прежде всего пространственный аспект организации социальных процессов, т.е. форма, размеры, ориентация, функциональная оснащенность различных участков жилой среды, предназначенных для тех или иных видов деятельности [6].

Белгород расположен на территории двух склонов – Меловой горы и Харьковской горы, с севера и юга, спускающихся к реке Везёлке при её впадении в реку Северский Донец. Склоны третьей горы – «Западной» свободны от застройки в настоящее время. На планировочную структуру районов города повлияли следующие важные факторы: временной (историческое развитие города) и природный (естественный ландшафт) [2]. Основные меридиональные направления (ул. Б. Хмельницкого – Красноармейская – Магистральная, Щорса, Корочанская и Волчанская) и основные широтные направления (ул. Сумская, Губкина – Михайловское шоссе – ул. Макаренко и ул. К. Заслонова) имеют внешние выходы, вдоль которых исторически разместилась усадебная застройка (бывшие слободы) ранее вошедшие в территорию города).

Территория города делится на планировочные районы – Центральный, Южный, Западный и Восточный. Районы с промышленными предприятиями и коммунально-складскими организациями, расположенными в западной и восточной частях города называются Западной и Восточной промышленными зонами. Расположение жилого района в городе существенно влияет на социальные функции жилой среды, схему организации культурно-бытового обслуживания, планировочную структуру[5].

#### **Центральный планировочный район**

Расположен в исторической части города, с небольшими прямоугольными кварталами (150x250 м), застроенными малоэтажными жилыми и общественными зданиями (2-5 эт.). В последние годы в район застраивается зданиями повышенной этажности. Недостатками данного района является его перенасыщенность нежилыми функциями, вызывающими большой поток посетителей, транспортная перегруженность, высокая плотность застройки, недостаточное количество зеленых насаждений, автостоянок. В северной части района (северо-западнее психиатрической больницы) ведётся коттеджное строительство, но с нарушением охранной зоны газопровода высокого давления, проходящего в этом районе. В западной части района ведется строительство коттеджей. В северной части города расположен аэропорт (с шумовой зоной 2 км) с аэровокзалом и автовокзалом на ул. Б. Хмельницкого. Жилая застройка находится в шумовой зоне аэропорта. В центральной части города размещается Железнодорожный вокзал (на завершении пр. Гражданский). В восточной части района комбинат строительных материалов с санитарно-защитной зоной 300 м. Его карьеры нарушают экологию этой части города. На территории усадебной застройки, которая располагается в санитарно-защитной зоне комбината, запрещено новое строительство. Также отрицательно влияет на экологию района и города в целом Цементный завод (с санитарно-защитной зоной 1000 м). Значительная часть усадебной застройки попадает в санитарно-защитную зону. Эта зона также является запрещенной для нового строительства [1].

#### **Южный планировочный район**

Расположенный в Южной части города (на Харьковской горе) этот район является самым крупным. Здесь построены микрорайоны многоэтажных зданий с учреждениями обслуживания. Территория района расчленена оврагами, вследствие этого район имеет более свободную планировку. Существующие овраги застраиваются гаражами, в то время как, овраги и балки в городских условиях должны

сохранять естественную растительность и использоваться как рекреационные зоны. Овражно-балочные системы обеспечивают в зависимости от розы ветров вентиляцию городской территории и изменяют микроклимат в прилегающих к ним кварталах, являются естественными дренажными системами [2].

В южной и юго-западной частях Харьковской горы построены микрорайоны многоэтажной застройки на свободных территориях: МКР "Луч", квартал севернее МКР "Луч", МКР "Магистральный", МКР № 11, "Тальвег". В общественном центре, района который развивается на юг и юго-запад имеются элементы общегородского центра – гостиница, рынок, два Дворца спорта, телевизионный центр, универмаг по ул. Ватутина. Градостроительные комплексы связаны системой магистралей и зеленых насаждений. Центр района связан с общегородским историческим центром города системой пешеходных мостов и террас с видовыми площадками. В восточной части района располагается лесопарк, Памятник природы – «Архиерейская роща» и бульвары [1].

#### **Западный планировочный район**

Данный район максимально учитывает сложившейся рельеф заовраженность и крутые склоны). Системой транспортных магистралей обеспечена хорошая связь с общегородским центром и другими районами города. В настоящее время склоны "Западной" горы заняты сельскохозяйственными землями и коллективными садоводствами. Также имеется ботанический сад, в долине р. Везёлки при впадении в неё р. Гостянки. Значительная территория района занята под строительство коттеджей (район "Юго-Западный"). У подножия "Западной" горы - коттеджная застройка микрорайона "Юго-Запад" и существующая усадебная застройка. При застройке района максимально учитывается рельеф местности: 5-7-9-этажные дома предлагаются к строительству на высоких отметках; 2-3-4-этажные блоксекционные дома (taun-haus) коттеджного типа на более низких отметках [1]. В экологическом отношении Западный планировочный район является самым лучшим районом города. Жилая застройка, предлагаемая в генеральном плане, – повышенной комфортности, максимально учитывающая рельеф местности (террасы, подпорные стенки).

#### **Восточный планировочный район.**

Планировка восточной части территории г. Белгорода, так называемого "Старого города" (на левом берегу Северского Донца), выполнена небольшими прямоугольными кварталами капитальной малоэтажной и усадебной застройки. На левом берегу Северского

Донца по ул. Волчанской сделаны отводы под многоэтажное строительство. В районе "Восточный" и в районе Дорогобужино ведется строительство коттеджей. Значительная часть района занята лесопарком и учреждениями отдыха (в южной части района). Общественным центром Восточного района является Дворец культуры при въезде в район из центра города по ул. Корочанской.

Зелёные насаждения общего пользования в городе достаточно разрознены: имеются парки (Центральный парк в долине р. Везёлки и по ул. Б.Хмельницкого), бульвары (на Народном бульваре, Гражданском проспекте и в Южном районе города), а также скверы. Для отдыха горожан используются некоторые озеленённые овраги. В настоящее время ведется строительство новых микрорайонов на периферии города – в южном направлении микрорайон «Улитка» (пос. Дубовое), микрорайон «Спутник».

Жилая застройка (усадебная и капитальная), попавшая в шумовую зону аэропорта, а также в санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, является зоной запрещения нового строительства, т.к. проживание в этих зонах (нарушающих экологическую обстановку) отрицательно влияет на здоровье жителей, непосредственно живущих в этих зонах. Санитарно-защитные зоны имеют недостаточное озеленение, и их территории большей частью заняты различными коммунальными организациями или представляют собой пустыри [1].

Для улучшения экологической обстановки в городе необходимы следующие мероприятия:

- вывод под жилую застройку площадки полей фильтрации в западной части Центрального планировочного района, которые затрудняют дальнейшее освоение этой части города;

- планировочная организация промышленных зон (озеленение санитарно-защитных зон, устройство подъездов к промышленным и коммунальным предприятиям и стоянкам автомобильного транспорта и т.д.), а также градостроительные предложения по жилой застройке, попавшей в санитарно-защитные зоны;

- организация разрозненных территорий зелёных насаждений общего пользования в единую систему с выходами за пределы города.

Основные принципы формирования пространственной среды города следующие:

- формирование системы зелёных насаждений и охраняемых природных территорий;

- выявление индивидуальных особенностей районов города (исторических и природных);

- своеобразие ландшафтной структуры территории;
- выявление специфического характера городской среды;
- выявление зон общественных центров и наиболее ответственных градостроительных узлов.

#### **Список литературы:**

1. Белгород. Генеральный план. Пояснительная записка. Том №1. Санкт-Петербург, 2003.
2. Белгородская энциклопедия. Белгород. 1999. С. 431.
3. Большаков А.Г., Лоншаков Д.А. Повышение экологического благополучия района в г. Белгороде путем преобразования ООПТ в окружении застройки в парк с природоохранными функциями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 47-52.
4. Крашениников А.В. Жилые кварталы: Учеб. Пособие для архит. строит. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1988. С. 87.
5. Николаевская И.А. Благоустройство территорий: учеб. Пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. 5-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 272.
6. Перькова М.В. Малые города как фактор устойчивого развития территорий // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2014. № 4. С. 63-66.

## СТАЛЕБЕТОН В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.,**

**Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.**

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

Современные строительные конструкции обязаны отвечать не только требованиям прочности, жесткости и устойчивости, но и должны быть запроектированы с максимальной экономией материала [1,2]. Например, замена стальных конструкций железобетонными в обязательном порядке приведет к снижению расхода стали, но это ни как не связано с экономией денежных средств. Поэтому имеет смысл поиска новых комплексных конструкций, в которых все компоненты будут работать совместно, а, следовательно, более рационально [3-5]. Идеальным в этом отношении может стать сталебетон [6-10].

Сталебетон, как одно из новых направлений рационального сочетания стали и бетона, является экономически выгодным, благодаря использованию преимуществ каждого из компонентов при одновременном устранении их недостатков. Благодаря армированию бетона внешней металлической оболочкой, происходит его полная изоляция от окружающей среды, что создает наилучшие условия для работы бетона под нагрузкой. Сталебетонные колонны отличаются от обычных железобетонных более рациональным использованием материалов, что снижает их металлоемкость. Изолированное металлической обшивкой бетонное ядро имеет повышенную прочность, благодаря боковому обжатию, что в свою очередь повышает несущую способность всей колонны. Благодаря все той же оболочке, в бетонном ядре снижаются усадочные деформации за счет отсутствия в сталебетонных конструкциях влагообмена между материалом и внешней средой. Предельная деформация ползучести железобетонных образцов в сравнении со сталебетонными, больше в 3-4 раза. Нелинейность деформаций ползучести в неизолированных образцах проявляется в течение 20-30 суток, а в изолированных – в первые 2-7 суток. Железобетонные образцы, армированные продольной арматурой, равной по площади сечению оболочки, разрушаются при нагрузке в два раза меньшей, чем разрушающая нагрузка сталебетонных элементов. Прогибы сталебетонных образцов в 5-10 раз меньше, чем железобетонных, если нагрузка одинакова [11].

Низкая трещиностойкость – главный недостаток железобетона. Образование трещин в бетоне снижает непроницаемость конструкций

для жидкостей и газов, повышает деформативность. Чрезмерное раскрытие трещин облегчает доступ влаги и агрессивных газов к арматуре, что вызывает коррозию стали, снижает долговечность конструкций. Сталебетонные конструкции, напротив, отличаются повышенной трещиностойкостью и хорошей сопротивляемостью механическим повреждениям. Благодаря совмещению функций рабочей арматуры с защитными и изоляционными функциями они отлично работают при сложном температурно-влажностном режиме и в условиях агрессивных сред, где применение обычного железобетона весьма затруднительно и неэкономично. В них выполняются требования газо- и водонепроницаемости. За счет бокового давления обоймы исключается появление в бетоне микротрещин разрыва. Кроме того, в условиях всестороннего сжатия ядро способно выдерживать напряжения, значительно превосходящие призмную прочность. А сама обойма, заполненная бетоном, в значительной мере защищена от потери местной и общей устойчивости. Кроме того, имеет место увеличение сопротивления обоймы вмятию в местах сопряжения и при ударных воздействиях во время монтажа и транспортировки.

Наряду с вышесказанным необходимо отметить, что сталебетон имеет существенное преимущество там, где закладные детали составляют относительно большую удельную массу от общей массы металла, поскольку в качестве последних можно использовать внешнюю арматуру. Кроме того, сталебетонные конструкции не нуждаются в опалубке, поскольку эту роль выполняет металлическая оболочка.

Сталебетонные конструкции очень надежны в эксплуатации, поскольку в предельном состоянии не теряют несущую способность мгновенно, а еще длительное время способны выдерживать значительную нагрузку. Наличие бетонного ядра предохраняет обойму от потери устойчивости, а обшивка, в свою очередь, создает эффект обжатия. Именно эти два фактора, в конечном счете, влияют на повышенную несущую способность рассматриваемых конструкций. Благодаря технологичности процесса производства, область применения сталебетонных колонн практически не ограничена: специальное, промышленное и гражданское строительство, машиностроение, мостостроение. Их с успехом можно применять при строительстве подземных, подводных и плавучих сооружений; при строительстве АЭС и объектов атомной энергетики. Повышенная несущая способность делает наиболее выгодным применение данных конструкций при больших сжимающих усилиях. Сталебетон также

применяется в сжатых поясах арок, в опорных раскосах и элементах большепролетных ферм, мостовых опорах, стойках сооружений рамной конструкции, несущих конструкциях гражданских сооружений, опорах линий высоковольтных электропередач, в высотных радио- и телевизионных мачтах и стойках шахтного крепления.

Применяя тот или иной вид конструкций следует учитывать условия их эксплуатации. Обследованиями установлено [11], что в условиях повышенных температур разрушение конструкции из железобетона с бетонами обычных марок наблюдается уже через 5-10 лет. Причиной этого является пересушивание бетона и дегидратация цементного камня. В условиях воздействия агрессивных сред наблюдались случаи разрушения конструкций за четыре года. В цехах цветной металлургии железобетон подвергается значительной коррозии. В этих и других подобных неблагоприятных условиях с успехом можно применять сталебетон, в котором бетон защищен от агрессивных воздействий стальной оболочкой.

Своей экономичностью сталебетонные колонны обязаны рациональному и многофункциональному использованию металлической оболочки. В данном случае речь идет о применении ее не только в роли внешней арматуры, но и в качестве опалубки, закладных деталей. Сюда же можно отнести – совмещение функций рабочей арматуры с защитными и изоляционными функциями, а также способность стального листа воспринимать растягивающие усилия одновременно во всех направлениях в плоскости. Технико-экономические исследования [12] показали, что при использовании сталебетонных колонн в качестве стоек промзданий позволяет экономить до 31-55% стали по сравнению со стальными и до 13% – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются в первом случае на 28-47%, а во втором – на 51-62%. Использование сталебетонных колонн в подкрановых эстакадах позволяет экономить до 12-28% стали по сравнению со стальными и до 9% – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются при этом на 28-56%.

#### **Список литературы:**

1. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Дегтярь А.Н. О применении прямого метода вероятностного анализа к задачам оптимизации характеристик надежности железобетонных многопролетных балок при мгновенном отказе отдельных конструктивных элементов // сб. науч. тр. ЦРО РААСН. Вып. 1. М., 2002. С. 32-36.
2. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Дегтярь А.Н. Вопросы оптимизации характеристик надежности железобетонных многопролетных балок с



- позиции минимальной вероятности отказа // Новые энергосберегающие архитектурно-конструктивные решения жилых и гражданских зданий: мат. 2-х Междунар. науч. чтений РААСН. Орел, 2003. С. 163-166.
3. Панченко Л.А. Железобетонные балки с полосами из полимеров, армированных волокнами // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2008. № 3. С. 20-22.
  4. Панченко Л.А. Эффект стеклопластиковой обоймы в увеличении прочности бетона на сжатие // Магистры – будущая кадровая основа строительной отрасли: сб. статей Междунар. научн.-метод. конф., Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. С. 121-124.
  5. Панченко Л.А. Расчет фибробетонных конструкций по предельным состояниям первой группы // Строительная индустрия: вчера, сегодня, завтра: сб. статей Междунар. научн.-практ. конф., Пенза: РИО ПГСХА, 2010. С. 121-124.
  6. Чихладзе Э.Д., Адамян И.Р. Экспериментальные исследования сталебетонных брусев прямоугольного сечения с составной обоймой при сжатии и изгибе / Башенные сооружения: материалы, конструкции, технологии: сб. докл. Междунар. научн.-практ. конф. // Донбасская государственная академия строительства и архитектуры (Макеевка, Украина 14-16 ноября 2001 г.), Макеевка, 2001. С. 57-62.
  7. Серых И.Р. Прочность сталебетонного элемента с составной обоймой при внецентренном сжатии и изгибе // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2005. № 10. С. 442-445.
  8. Колчунов В.И., Дегтярь А.Н., Оссовских Е.В. К оценке надежности сталежелезобетонной фермы в запредельном состоянии // Развитие современных городов и реформа жилищно-коммунального хозяйства: сб. матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. М.: МИКХиС, 2005. С. 336-340.
  9. Ватуля Г.Л., Игнатенко Е.В., Петренко Д.Г. Экспериментальные исследования сталебетонных колонн в гофрированной обойме // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. тр., Днепрпетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. Вып. 65. С.123-126.
  10. Vatulia G., Orel E., Kovalov M. Carrying capacity definition of steel-concrete beams with external reinforcement under the fire impact // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 617. С.167-170.
  11. Глазунов Ю.В. Исследование экономической эффективности применения сталебетонных колонн прямоугольного сечения в строительстве // Межвузовский сб. науч. трудов. 1996. Вып. 27. С. 142-145.
  12. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. Киев.: Будівельник, 1978. 80 с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Солодов Н.В., канд. техн. наук, проф.,

Водяхин Н.В., студент

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

Фактическая несущая способность строительных конструкций обычно больше, чем расчетная. В таких случаях говорят о наличии коэффициента запаса. Фактическая величина определяется экспериментально. Это справедливо и в отношении сварных швов.

В настоящей работе приведены результаты определения коэффициента запаса по материалам испытания опытного образца сварного соединения. Опытный образец показан на рис. 1 и представляет собой нахлесточное соединение трех листовых деталей с четырьмя фланговыми угловыми швами. Образец изготовлен из стали С 245, две внешние пластины имеют размеры 65\*120 мм, толщиной 7,6 мм, а средняя пластина – размеры 65\*150 мм, толщиной 11, 8 мм. Расчетный катет сварных швов равен 6 мм, швы выполнены ручной электродуговой сваркой электродами типа Э 42. Фактические значения катетов на разных участках швов колеблются от 5 до 9 мм.

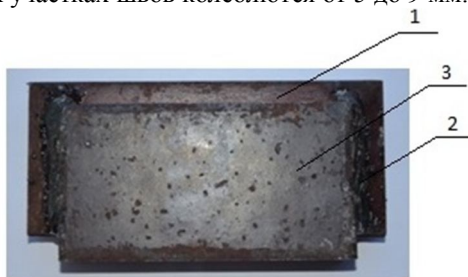


Рисунок 1 – Общий вид сварного соединения:

1- средняя пластина; 2- внешняя пластина; 3- фланговые швы

В соответствии со СНиП II-23-81\* расчетная несущая способность опытного образца лимитируется предельной величиной усилия разрушения по металлу шва и составляет 15,2 т.

Опытный образец предназначен для испытания на сжатие с приложением нагрузки на выступающие торцы средней пластины и двух внешних пластин. Гибкость образца в плоскости меньшей жесткости можно оценивать величиной  $\lambda=9,4$ . Торцы пластин образца

были отфрезерованы. Чтобы выявить характер деформирования при нагружении сварные швы перед испытанием были покрыты канифолью.

Образец испытывали в гидравлическом прессе грузоподъемностью 125 т. Нагружение производили ступенчато по 4 т с выдержкой в течение 5 мин на каждой ступени. После достижения нагрузки в 12 т образец разгрузили для осмотра, после чего продолжили испытание вплоть до разрушения. Величина фактической несущей способности образца (разрушающая нагрузка) по результатам испытаний составила около 27 т.

Общий вид образца после испытаний показан на рис.2. Разрушение произошло по одному из сварных швов, три других шва не имели внешних признаков разрушения.

Из четырех швов разрушившийся был выполнен с низким качеством, непостоянность катета по длине шва хорошо видна при визуальном осмотре и варьировалась от 5 до 9 мм. По продольным ненагруженным кромкам всех трех пластин отчетливо проявились деформации изгиба пластин в своей плоскости (см. рис.2). Это стало следствием развития пластических деформаций в сечениях пластин, которые по своей статической схеме можно рассматривать, с учетом их длины (пролета) и ширины (высоты сечения), как балки-стенки, закрепленные (защемленные) по коротким сторонам сварными швами.

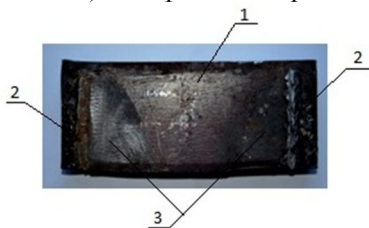


Рисунок 2 – Опытный образец после проведения испытаний:

- 1- поверхность средней пластины (ближняя внешняя пластина удалена);
- 2- сварные швы; 3- области интенсивных пластических деформаций металла средней пластины в околосшовных зонах

Особенностью действительной работы сварного соединения является ее ярко выраженный упругопластический характер. Торцы образца в ходе испытаний сблизились на 0,8 см. При проектной длине сварного шва 5,5 см его относительную деформацию можно оценить величиной 14,5%, что довольно существенно.

На рис.2 хорошо просматриваются области металла внешних пластин, в которых произошли значительные пластические

деформации. Состояние поверхностей указанных областей характеризуется наличием линий Чернова-Людерса, как следствие проявления деформаций сдвига. Слой грунтовки (окраска суриком за один раз) разрушился до состояния мелкой пыли и осыпался.

Пластификация металла пластин в околосварной зоне связана, прежде всего, с действием касательных напряжений в местах примыкания швов. Принимая размеры площади среза внешних пластин равными величине  $4 \cdot 0,8 \cdot 5,5 = 17,6 \text{ см}^2$ , можно оценить сопротивление сдвига стали пластин  $R_S = 1534 \text{ кг/см}^2$ , что соответствует  $R_y = 2645 \text{ кг/см}^2$ . В нормах (1) для стали С 245  $R_y = 2450 \text{ кг/см}^2$ . Расхождение составляет около 8%. На рис.3 показана поверхность сварного шва по сечению в месте разрушения. Длина сварного шва по поверхности среза составила 5,4 см, из них 1,8 см – длина по сечению границы сплавления со стороны более толстой средней детали, а 3,6 см – в сечении по металлу шва. Поверхность разрушения сварного шва имеет криволинейную форму и объемный характер. Ширина поверхности среза переменная по длине шва, что свидетельствует о неодинаковом катете сварного шва. Максимальную величину площадь среза имеет в средней части длины шва, равную около 8 мм, что соответствует размеру катета 8,9 мм.

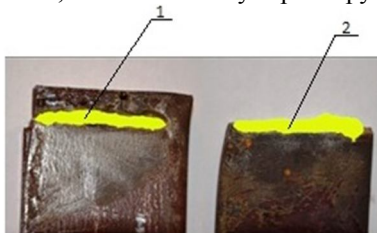


Рисунок 3 – Вид поверхностей разрушения сварного шва:

1 – шов со стороны средней пластины; 2 – шов со стороны внешней пластины

Вычисление площади этой поверхности выполнено с использованием программы AfeaS, позволяющей определять площадь фигуры любого очертания на плоскости. Алгоритм программы основан на сканировании контура двух фигур, площадь одной из которых известна, их сравнении с последующим расчетом площади другой фигуры. Ее величина составляет около  $3,5 \text{ см}^2$ . Расчетная площадь при  $k_f = 6 \text{ мм}$  в сечении по металлу шва составляет  $2 \text{ см}^2$ .

Столь существенное расхождение между расчетной величиной площади среза по металлу шва и фактической площади поверхности среза после испытания объясняется двумя причинами:

- фактический катет имел переменную величину от 5 до 9 мм по длине вместо 6 мм, принятых в чертежах образца;

- в соответствии с (2) расчетная длина шва при вычислении площади среза принимается на величину  $2k_f$  меньше геометрической, тогда как фактическая площадь среза после разрушения шва принята по геометрической длине.

Расчет несущей способности разрушившегося флангового шва опытного образца с учетом фактических параметров площади среза, наличия двух участков среза (по металлу шва и по металлу границы сплавления) по длине поверхности разрушения сварного шва дает величину 6,27 т. При испытании образца в момент разрушения на один шов приходилось усилие 6,75 т (в предположении равномерной загрузки каждого из четырех швов). Сравнение расчетной и экспериментальной предельной нагрузок дает возможность оценить значение коэффициента запаса величиной 1,08. Расчет несущей способности разрушившегося шва по нормативной методике (2) по металлу шва с учетом среднего значения фактического катета 7 мм дает величину предельной расчетной нагрузки 4,43 т. В этом случае коэффициент запаса, с учетом результатов испытаний, равен 1,52.

Результаты испытаний позволяют сделать вывод, что сварной шов, рассчитанный в соответствии с нормативной методикой, имеет фактическую несущую способность выше расчетной, достаточный уровень надежности. Коэффициенты запаса, при расчетах по нормативным и фактическим параметрам шва, равны 1,52 и 1,08 соответственно. Естественно, что для придания статистической значимости полученным величинам коэффициента запаса необходимо увеличить число испытаний, в том числе для оценки влияния вида сварки, принятых материалов и других факторов.

#### **Список литературы:**

1. Кудишин Ю.И., Беленя Е.И. Металлические конструкции / Под ред. Ю. И. Кудишина. 10-е издание. М: Академия, 2007. 682 с.
2. СНиП II-23-81\* Стальные конструкции/Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1991. 96 с.
3. Михайленко Т.Г., Логачев К.И., Редькин Г.М. О напряженном состоянии прокатных широкополочных и сварных двутавров до и после приварки к ним ребер жесткости // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 60-62.

## ВИТРАЖИ В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ ИНТЕРЬЕРА

Субочева А.В.,

Митякина Н.А., канд. техн. наук, доц.

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

Витраж — одно из самых замечательных явлений декоративно-прикладного искусства. Свое нынешнее название он получил от французского слова «vitrage» — стекло. Под этим явлением до последнего времени понималась орнаментальная или сюжетная декоративная композиция (в окне, двери, перегородке, в виде самостоятельного панно) из стекла (рис. 1) или другого материала, пропускающего свет. Сегодня благодаря новым технологическим возможностям явление получило дальнейшее развитие. Витражами называют любое декоративное стеклянное заполнение оконных и дверных проемов, фонарей, плафонов, сводов, куполов, сплошных плоскостей стен и даже специальных украшений художественных изделий.

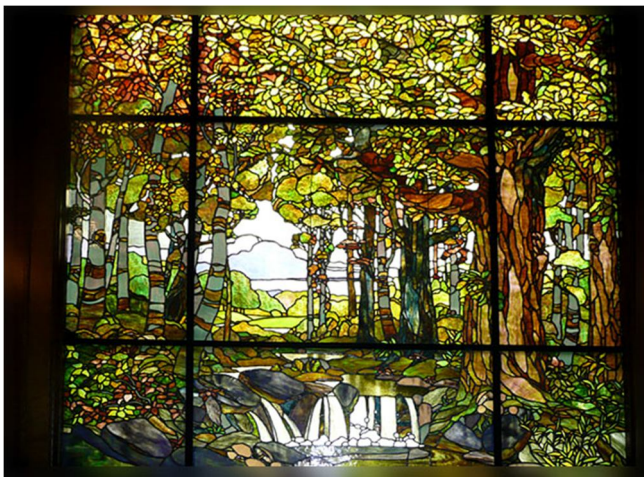


Рисунок 1 – Панно из стекла

Во все времена самыми роскошными и нарядными считались окна в виде витражей. «Когда сквозь высокие проемы окон проникают солнечные лучи, витражи как будто вспыхивают, загораются ярким цветом, начинают светиться, преображая внутреннее пространство, наполняя его фантастической игрой цветного стекла». Эти слова очень

точно отражают визуальный эффект в восприятии человека. Но эта эмоциональная оценка может лишь в малой степени рассказать о витражах. Чтобы лучше понять предмет, необходимо обратиться к истории, философии и типологии самого витража.

В византийские и романские времена, окна, по большей части, завешивались коврами или заделывались тонкими мраморными пластинками; на последних вырезались геометрические фигуры, небольшие отверстия которых затягивались слюдой, кожей, алебастровыми, роговыми пластинками или промасленной бумагой.

С давних пор витраж использовался в храмах. Многоцветные, большие по размеру витражи из разнообразных по форме стёкол, скреплённых свинцовыми перемычками, являлись особенностью готических соборов (рис.2). Чаще всего готические витражи изображали религиозные и бытовые сцены. Они размещались в огромных стрельчатых окнах, так называемых «розах».



Рисунок 2 – Витражи в готическом храме

В раннехристианском храме окна заполнялись тонкими прозрачными пластинами камня (алебастра, селенита), из которых составляли орнамент. В эпоху Возрождения витраж существовал как живопись на стекле, применялась техника выскабливания по специально покрашенному разноцветному стеклу. В России витражи существовали ещё в XII веке, однако они не были характерным элементом убранства интерьеров русских домов.

Отражая в своих изображениях характер и назначение сооружения, дополняя его художественный образ, витражи играют значительную роль в оформлении интерьера.

На сегодняшний день назначение витражей разнообразно. Они являются богатым декоративным украшением зданий и отдельных помещений. В интерьере витражными могут быть окна, межкомнатные двери, перегородки и ширмы, подвесные потолки, настенные панно, фальшокна, стенные ниши, светильники (люстры, торшеры, бра), вставки в мебели (дверцы шкафов, столешницы), каминные экраны. Современные декораторы и дизайнеры применяют витражи в самых непредсказуемых местах и формах. Примером могут послужить витражные электрические башни Айл Хван, Хэ Райан Чон и Гунг Ки Парк в Германии (рис.3).



Рисунок 3 – Витражные электрические башни. Мюнстер, Германия



С точки зрения функциональности витражи организуют пространство: заполняют, разграничивают его, подсвечивают, оттеняют или прикрывают детали. Это одновременно украшения и функциональные детали, например, вазы или светильники (рис.4,5).



Рисунок 4 – Витражная лампа



Рисунок 5 – Кованая люстра с витражными вставками

Другая важнейшая роль витражей – цветовое наполнение и реализация оригинальных цветовых решений. В эмоциональном смысле витражи создают нужное настроение и привлекают внимание.

Витражи играют немаловажную роль при реконструкции жилого фонда привнося новые интересные детали к основной композиции, подчеркивая или скрывая определенные элементы.

В заключении хотелось бы сказать, что витражи позволяют изящно реализовать идею зонирования пространства, достаточно явно разграничивая, но в то же время сохраняя целостность его восприятия. Только витражи создают особую световоздушную среду и особую эмоциональную ауру как квартиры, так и здания в целом.

#### **Список литературы:**

1. Тоде Э. Стекольная живопись. Краткий очерк ее истории и технического развития // Зодчий. 1908. № 23. С. 204-208.
2. Кузик Х.О., Коренькова Г.В. Реконструкция и модернизация жилого фонда Российских городов // Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении и строительстве: материалы Междунар. науч.-практич. конф. 14-15 октября 2013. Курск, 2013. С. 193-196.
3. <http://daypic.ru/design/195860>

## ТЕКТОНИКА МОСТОВ

Субочева А.В.,

Беляева Л.Ю., ст. преподаватель

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

Мост – это сооружение, возведенное через реку, пролив, овраг или другое физическое препятствие. Каждый мост имеет свою собственную историю и даже характер. Первые капитальные мосты, которым были не страшны ни паводок, ни другие стихии, начали сооружаться еще в античную эпоху. Наибольшее распространение мостостроение получило в эпоху Римской империи. Через реки, лежащие на пути, римляне перебрасывали великолепные арочные каменные мосты, сохранившиеся во многих местах. По мосту, лежащему между Карфагеном и Гиппон Диоритом, даже сегодня проходит автомобильное шоссе. В китайской провинции Хэбэй до наших дней сохранился однопролетный каменный мост (рис.1). Вот уже тринадцать веков это сооружение продолжает служить людям. Его создатель Ли Цзюнь — основатель целой строительной школы, влияние которой на китайскую строительную технику сохранялось на протяжении многих веков.



Рисунок 1 – Каменный мост в провинции Хэбэй, Китай

Развитие современной цивилизации невозможно представить без мостовых переходов, соединяющих берега и пропасти. Каждый мост имеет свою особенную историю и даже характер. Он почти живое существо, в которое вдохнул душу его создатель. Любой мост является

не только транспортным сооружением, он становится важным компонентом окружающей среды. Решая определенную утилитарную задачу – поддержать дорогу над препятствием, – мост в то же время вступает с окружающей средой в определенную композиционную связь. В мире сооружено множество мостов с совершенно необычной архитектурой и дизайном, которые являются настоящими чудесами света. Например, висячий мост через пролив Менай в британской провинции Уэльс (рис.2) считают первым по-настоящему великим подвесным мостом в истории Европы.



Рисунок 2 – Висячий мост через Менай, Уэльс, Великобритания

Он открылся в 1826 году. До этого в Старом Свете строили лишь простые цепные висячие переходы, эта же конструкция была для своего времени невероятно сложной и полезной в инфраструктурном плане. Основной пролет этого моста имеет длину 176 метров.

Некоторые мосты возводились к различным памятным датам. Так, в 1973 году случилось историческое событие для всей Евразии – в Стамбуле был открыт первый мост через Босфор (рис.3). Он наконец-то соединил европейский и азиатский берега этого пролива, о чем мечтали местные властители на протяжении последнего тысячелетия. Общая длина этого сооружения составляет 1560 метров, а подвесного пролета в нем – 1074.

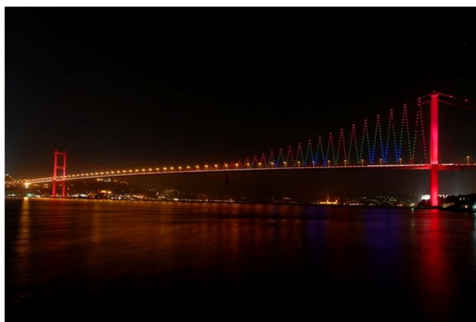


Рисунок 3 – Мост через Босфор, Стамбул

Некоторые мосты поражают не только своей красотой и своеобразной формой, но и размерами. В 1998 году между островами Хонсю и Авадзи был открыт мост Акаси-Кайкё, который стал самым длинным подобным подвесным сооружением в мире. Уже более пятнадцати лет он удерживает это звание. Длина крупнейшего висячего пролета в нем составляет 1991 метр (рис.4).

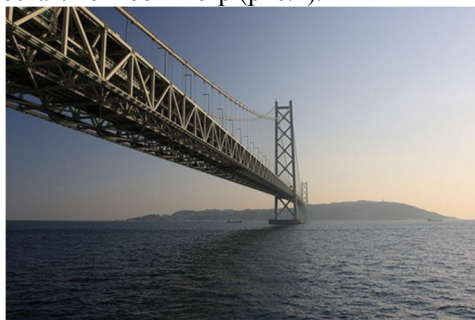


Рисунок 4 – Мост Акаси-Кайкё, Япония

Если растянуть все его стальные нити, то получится единый трос, способный опоясать Земной шар более семи раз.

Самые выдающиеся мосты заносят в Книгу рекордов Гиннеса, а самые необычные становятся достопримечательностями города и излюбленным объектом фотосессий туристов. Moses Bridge – "Мост Моисея" построили в Нидерландах при реконструкции форта XVII века (рис.5). Назван он по имени пророка Моисея, перед которым расступились воды Красного моря, пропуская евреев, бежавших из Египта. Как и в библейском повествовании, воды пропускают группы туристов, с той разницей, что проход не исчезает. Идея рукотворного

чуда принадлежит молодым архитекторам Ро Костера (Ro Koster) и Ада Кила (Ad Kil) из голландского бюро Ro&Ad Architecten.



Рисунок 5 – Мост под водой, Нидерланды

К числу основных требований к сооружению следует отнести необходимость достижения высоких потребительских свойств, включая архитектурную их выразительность. Даже в древние времена строители заботились не только о долговечности, но и о красоте сооружений. Известно изречение древнеримского теоретика архитектуры М. Витрувия о том, что "архитектурные сооружения должны обладать тремя качествами: пользой, прочностью и красотой", а итальянский архитектор А. Палладио писал: "Невозможно было бы назвать совершенным здание, хотя бы и полезное, но недолговечное, равно как и такое, которое служит долго, но неудобно, или же то, что имеет одно и другое, но лишено всякой прелести".

Формирующийся архитектурно-художественный образ определяется не только конкретными особенностями данного сооружения, но и характером его композиционных взаимосвязей с окружающей средой. Это накладывает большую ответственность на проектировщиков мостов, особенно городских, ибо в городах композиционные взаимосвязи моста и среды становятся очень сложными и многообразными, а эстетическое воздействие моста на многочисленную «аудиторию» зрителей оказывается активным и многогранным.

#### **Список литературы:**

1. Пунин А.Л. Архитектура отечественных мостов. Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. 152 с., ил.
2. <http://мост.пф/article/r3>

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Тарасенко В.Н., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Продолжающийся рост интенсивности движения автомобилей на дорогах и связанное с этим возрастание шумности транспортных потоков приводят к перманентному увеличению шумовой нагрузки на население, проживающее на территориях, прилегающих к автомобильным дорогам.

Ухудшение условий труда и отдыха при повышенном уровне транспортного шума отрицательно отражается на производительности труда и его качестве, способствует возникновению нервных расстройств и иных нарушений здоровья населения. Поэтому защита населения от транспортного шума носит не только социальный, но и экономический характер.

Защита от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, заключается в их функциональном зонировании с учетом допустимых уровней звука в дневной или ночной периоды времени и в применении пассивных и активных мероприятий по снижению транспортного шума.

Проектирование шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах следует проводить при расчетной перспективной интенсивности движения более 3 тыс. авт. / сутки или числе жителей населенного пункта, попадающих в зону акустического дискомфорта, более 200 чел. [1].

В остальных случаях в качестве мер по снижению шума транспортных потоков и отдельных автомобилей следует:

- принимать меры по ограничению или запрету движения грузовых автомобилей в пределах населенного пункта в определенное (особенно темное) время суток;
- принимать меры по ограничению скорости движения автомобилей транспортного потока за счет применения технических средств организации дорожного движения;
- устраивать малошумные дорожные покрытия.

Требуемое снижение уровней шума определяют в результате сопоставления измеренных или расчетных уровней звука с требованиями СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [2].

Таблица 1 – Максимальные уровни звука на территории жилой застройки

№ п/п	Вид трудовой деятельности	Время суток	Максимальные уровни звука, дБ А
1	2	3	4
1	Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек	–	55
2	Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	С 7 до 23 ч.	55
		С 23 до 7 ч.	45
3	Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	С 7 до 23 ч.	60
		С 23 до 7 ч.	50
4	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	С 7 до 23 ч.	70
		С 23 до 7 ч.	60
5	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	С 7 до 23 ч.	75
		С 23 до 7 ч.	65
6	Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений	–	60

При выборе мероприятий по снижению шума предпочтение следует отдавать пассивным мероприятиям, которые способствуют снижению шума, но не требуют существенных дополнительных капитальных вложений. Они реализуются в процессе проектирования автомобильных дорог и организации движения.



При выборе конструкций шумозащитных сооружений помимо снижения шума, которое регламентируется санитарными нормами, следует принимать во внимание:

- безопасность дорожного движения;
- удобство монтажа и эксплуатации сооружений;
- удобство эксплуатации дороги;
- эстетические качества сооружений, их гармоничное сочетание с ландшафтом.

Принимаемые решения должны быть экономически обоснованы.

Допустимые значения уровней шума на территориях, непосредственно прилегающих к жилым зданиям общественного назначения (лечебные, учебные, гостиницы и т.п.) в дневной (с 7-00 до 23-00 ч) и ночной (с 23-00 до 7-00 ч) периоды времени, регламентируются санитарными нормами [2].

Всевозможные акустические экраны, являющие собой сборные конструкции из фундамента, стоек, опор и акустических панелей призваны отчасти решить проблему акустического благоустройства городов. Принцип действия такого экрана прост – на пути звуковых волн стоит преграда в виде шумозащитного экрана, изолирующая звуковые волны и поглощающая их.

Размеры акустических экранов и их конструкции зависят от интенсивности и состава потока транспорта, расстояния до источника шума, дорожного покрытия и даже погодных условий. Поэтому для эффективной защиты от шума транспорта необходимо грамотно рассчитать параметры шумозащитных экранов. Их высота может достигать до восьмиметровой отметки, шаг опоры – достигать 5 м, а толщина акустических панелей – до 12 мм.

Шумозащитные экраны по форме бывают прямыми, «Г» или «Т» – образными, а также изогнутыми. Они различаются по наклону, высоте, шагу несущих опор и составу. По своим свойствам акустические экраны подразделяются на 3 категории:

- звукоотражающие акустические экраны. Они производятся из однослойных асбоцементных панелей, кирпича, бетонных конструкций, сотового поликарбоната, оргстекла, пластика и т.д. Их задача – отражать звуковые волны;

- звукопоглощающие шумозащитные экраны. Их задача не только отражать, но и поглощать звуковые волны. На изготовление звукопоглощающих акустических экранов используются многослойные материалы, такие как трехслойные металлические панели с перфорацией и звукопоглощающим материалом. Тонкостенная сталь

имеет полимерное покрытие, что повышает износостойкость и обеспечивает защиту от негативных влияний окружающего окружения;

– комбинированные шумозащитные экраны, которые чаще всего изготавливаются из металлических панелей и прозрачных материалов – пластика или акрилового стекла.

Все шумозащитные экраны имеют звукопоглощающий слой. На его изготовление используют минеральную вату, пенополистирол вспененный или экструдированный. Для защиты от намокания и слеживания звукопоглощающий слой заключен в изоляционную мембрану со звукоизолирующими свойствами.

Для оптимальной защиты от транспортного шума акустические экраны монтируются на ленточный фундамент или свайный с ростверком. Крепления стоек шумозащитных экранов выполняется анкерными болтами или закладными шпильками.

Выбор конструкции таких экранов должен обязательно подтверждаться расчетом высоты и звукопоглощения экрана.

#### **Список литературы:**

1. Тарасенко В.Н., Соловьева Л.Н. Проблемы звукоизоляции в жилищном строительстве // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 48–51.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Текст]. – Введ. 1996–10–31. М.: Изд-во стандартов. 1996. 27 с.
3. Боцман Л.Н., Тарасенко В.Н. Некоторые аспекты повышения звукоизоляции в индивидуальном жилищном строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 43–47.

## АРХИТЕКТУРНАЯ ГЕОНИКА ДЛЯ СЕВЕРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

**Фролова М.А., канд. хим. наук, доц.**  
*Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова*

История архитектуры в районах крайнего Севера, ее содержание, многообразие форм в основном зависит от географических особенностей региона (климат и природные условия). Все эти районы имеют общие черты: сложные природно-климатические условия (с сильными морозами, ветрами или жарой). Климатические условия оказывают решающее влияние на долговечность ограждающих конструкций и зданий в целом. Поэтому выбор или разработка строительных материалов для ограждающих конструкций, наиболее приемлемых в данных условиях эксплуатации, прежде всего, определяются климатическими факторами. Климатические особенности, как температура наружного воздуха, интенсивность солнечной радиации, количество осадков, сила и направление ветра, определяющие суровость климата для разных районов Крайнего Севера, изменяются в широких пределах.

Принципы учета влияния климата на планировку города, здания во многом определили творческие концепции и проектные решения таких архитекторов, как Ле Корбюзье, Франк Ллойд Райт, Оскар Нимейер и др. Разработанные ими способы защиты и связи архитектурно-градостроительных решений с природно-климатическими факторами следующие: методы солнечной геометрии, озеленения, средства и приемы солнцезащиты и ветрозащиты [1]. Учет природно-климатических факторов в современном строительстве продиктован стремлением создания наиболее комфортных условий жизнедеятельности человека наиболее экономичным способом. Решение этой задачи обусловлено целым рядом объективных факторов экономического, экологического и политического характера, таких как: необходимость экономии энергии, недостаток и экономия строительных материалов, необходимость в экономии пространственной среды здания.

Сложившийся в отечественной практике диктат общего нормирования, отсутствие или несовершенство регионального нормирования, распространение типовых форм и образцов, частично или полностью игнорирующих местные требования и традиции, порождают безликость современных городов и зданий, материальные и

энергетические потери, серьезные неудобства и дискомфортные условия проживания. В результате этого процесса происходят нивелировка региональной специфики и деформация национальных черт архитектуры. Так, широкое распространение на Севере получили дома 139-й серии полной заводской готовности, построенные из клефанерных панелей с деревянным каркасом и утеплителем из пенопласта марки ФРП-1. Наряду с повышенными теплозащитными показателями к основным недостаткам этих домов относятся не только низкая огнестойкость деревянных ограждений с пенопластом ФРП-1, но и повышенное содержание фенола в жилых помещениях, что было установлено Якутским центром Госсанэпиднадзора в 1991 г. Превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) содержания фенола в жилых помещениях исследованных домов в с. Большая Марха и пос. Батагай, г. Вилюйске было обнаружено в 65,8% случаях. А в ряде квартир средняя концентрация фенола в помещениях превышала ПДК в 7-10 раз. В связи с этим строительство домов этой серии было приостановлено с 1.01.1992 г. Кроме того, циклическое возникновение инея (скопления влаги) в зимний период на границе «фанера-пенопласт» трехслойных ограждений ведет к расслоению наружной обшивки из фанеры. Влажностное состояние материалов и изделий предопределяет не только долговечность ограждающих конструкций, но и их термомеханические и теплотехнические характеристики.

Для решения этой проблемы, а именно для повышения эффективности взаимодействия системы «Человек – Материал – Среда обитания», актуальны основные положения нового научного направления – архитектурная геоника, внедрение которых позволит улучшить условия существования человека в системе «человек–материал–среда обитания», за счет проектирования сооружений, органически вписывающихся в среду обитания в соответствии с геоморфологией, климатом, культурными традициями и использования для строительства «зеленых» композиционных материалов (композиционные вяжущие, отходы промышленности, энергосберегающее сырье и т.д.) [2-3]. Кроме того, целесообразным является использование исторически сложившихся основных принципов строительства в суровом климате.

С этой целью необходимо провести анализ эволюции архитектурных форм-оболочек и их конструктивных структур, выполненный с учетом взаимодействия трех форм архитектурных объектов: пространственной, объемной и внутренней [4].

На первых этапах своего развития человек создавал искусственные (пещерообразные) укрытия, почти полностью сливающиеся с естественным природным окружением. Главной задачей была изоляция от внешней среды, поэтому преобладала замкнутость внутреннего пространства. С точки зрения формообразования можно говорить о наличии у таких укрытий только «внутренней» формы. Следующим шагом стало возведение простейших сооружений с искусственно созданным жизненным пространством. Пространство формировалось покрытием в виде навеса, шатра или купола, расположенного над выемкой в земле или установленного непосредственно на поверхности земли или снега (полуземлянки, иглу эскимосов, юрта и т.д.).



Рисунок 1 – Жилище эскимосов иглу (<http://proekt-sam.ru/proektdoma.html>)



Рисунок 2 – Юрта (<http://www.jurta.info>)

С началом этапа формирования стационарных поселений связано появление таких построек как сруб, изба, глинобитный, каменный, а позже и кирпичный дом. Их материально-пространственная структура дифференцируется на отдельные структурные компоненты: перекрытие, крышу, опоры, стены, которые часто полностью интегрированы в массу сооружения, но, тем не менее, пространственно обособлены, выполняя различные функции. За счет формирования чердачных пространств и холодных пристроек наблюдаются частичное обособление внутренней и объемной формы здания от пространственной и расслоение конструктивной основы формы-оболочки при устройстве кровли и буферных пространств. Подобная материально-пространственная структура зданий оставалась стабильной довольно долгое время, вносились лишь незначительные изменения в виде укрупнения, роста этажности и ширины корпуса зданий.



Рисунок 3 – Северная изба, угро-финский тип (<http://derevenka.ru>)



Рисунок 4 – Проект «Дом в парке» (г. Москва) (<http://www.archplatforma.ru>)



Рисунок 5 – Проект офисного здания (г. Штутгарт, Германия) - разновысокие модульные объемы с атриумом в центральной части здания (<http://www.archplatforma.ru>)

Начиная с середины XX века в отечественной и зарубежной практике строительства на Севере значительное распространение получили новые типы зданий и комплексов с включением в их структуру буферных пространств с промежуточной микроклиматической средой – внутренних домов, улиц, атриумов, пассажей, перекрытых стеклянной кровлей и т.д. [5]. Такие крупные буферные пространства, формируя возле зданий комфортабельное «наружное» окружение, во многом ослабляют зависимость от воздействий суровой внешней среды, снижают затраты на строительство и эксплуатацию отдельных зданий и расходы на содержание городских территорий. Такие буферные пространства с формированием в них промежуточных параметров микроклимата и пассивном использовании солнечной энергии обеспечат высокий экономический эффект. Рассмотренный эволюционный ряд архитектурных форм северных регионов формирует основные исторически сложившиеся принципы возведения архитектурных форм [6].

*Принцип теплового зонирования внутреннего пространства жилища.* Помещения, где возможны низкие температуры, окружают строения, в которых требуется наличие более высоких температур.

*Принцип компактности застройки.* Строительный опыт выработал предельные расстояния между домами, равные полутора-трем его высотам. Плотное размещение жилых домов создавало зону сплошной ветровой тени.

*Использование природных источников энергии – ветра и солнца.* На всей территории северного региона насчитывалось большое количество водяных и ветряных мельниц.

*Принцип компактности объемно-планировочного решения.* Этот принцип позволяет снизить теплопотери за счет уменьшения площади охлаждаемых поверхностей.

*Объединение всех жилых и хозяйственных помещений вокруг крытого или хорошо защищенного двора.*

*Направленность зданий по солнечному и снеговому потоку.* Направление господствующих ветров учитывалось при выборе приемов ветро- и снегозащиты зданий, устройстве буферных зон и глухих стен с наветренной стороны.

Необходимость использования предложенных принципов в современном строительстве северных домов и снижение его энергоемкости очевидны. А переход на экологичное строительство, использование новых методов строительства и «зеленых» композиционных материалов (содержащих в своем составе до 40% природного и экологически безопасного техногенного сырья) [7-9] позволит выйти на новый этап развития архитектуры Севера – возрождения традиционных форм на качественно новом уровне.

#### **Список литературы:**

1. Крестьяшин С.И., Мелуа А.И., Мордюк В.И. Проблемы строительства в экстремальных условиях. М., 1981. 64 с.
2. Лесовик В.С. Архитектурная геоника // Жилищное строительство. 2013. № 1. С. 9-12.
3. Гридчин А.М., Баженов Ю.М., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Пушкаренко А.С., Василенко А.В. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях. Москва, 2008.
4. Полуи Б.М. Основы архитектурного формообразования в суровом климате (экологич. аспекты): Учеб пособие., Новосибирск, 1989. 88 с.
5. Полторак Г.И. Проблемы архитектурной экологии. М., 1985. 64 с.
6. Саксон Р. Атриумные здания. М., 1987. 135 с.
7. Лесовик В.С., Володченко А.А. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 6-11.

8. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Шейченко М.С., Вишневская Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник ЦРО РААСН. 2010. № 1. С. 90.
9. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 84-87.



## **ОБ АКТУАЛЬНОСТИ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СТРОИТЕЛЬСТВО»**

**Черныш Н.Д., доц.,  
Митякина Н.А., канд. техн. наук, доц.,  
Коренькова Г.В., доц.**

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

ФГОС подготовки бакалавров по направлению «Строительство» предусматривает овладение системой знаний об основах архитектурно-строительного проектирования гражданских и промышленных зданий и сооружений. В результате изучения дисциплин «Основы архитектуры и строительных конструкций» и «Архитектура зданий» обучающийся должен знать основы теории проектирования и градостроительства, принципы и тенденции их формирования и развития, уметь разрабатывать конструктивные решения простейших вариантов жилых здания как единое целое, состоящее из связанных и взаимодействующих друг с другом несущих и ограждающих конструкций; разрабатывать архитектурно-строительные чертежи жилых зданий; решать задачи по созданию конструкций зданий с высокими эстетическими и функционально-технологическими качествами; владеть (быть способным продемонстрировать) навыками самостоятельного пользования нормативной и технической документацией на разных стадиях архитектурно-строительного проектирования.

Практическое овладение проектированием в учебном процессе и формирование необходимых умений и навыков осуществляется через систему знаний, отражающих сущность и важнейшие направления профессиональной деятельности выпускников. Приобретение знаний, умений и навыков происходит во время лекций и в процессе выполнения практических заданий, а именно, в процессе последовательной разработки учебного курсового проекта.

Учебный план подготовки бакалавров по направлению «Строительство» предусматривает следующую тематику курсовых работ «Малоэтажное гражданское здание из мелкогазобетонных элементов», «Многоэтажный (многоквартирный) жилой дом с элементами культурно-бытового обслуживания», «Одноэтажное промышленное здание».

Учебный проект — специально организованная учебная деятельность с целью получения опыта самостоятельной деятельности в изучаемом направлении подготовки. Метод проектов — это форма обучения, которую на кафедре архитектурных конструкций применяют при выполнении курсовых и дипломных проектов и работ. Метод проектов имеет целью: научить самостоятельному достижению поставленной цели, конструированию полученных знаний; предусматривать мини проблемы, которые предстоит в процессе этого решить; сформировать умения ориентироваться в информационном пространстве; находить источники информации и уметь ее обрабатывать; подготовить к исследовательской работе, общению в творческой группе, к презентации полученных знаний и опыта. Использование метода проектов в учебном процессе способствует повышению интеллектуального уровня студента, инициирует самоорганизацию практической и исследовательской деятельности, способствует индивидуализации обучения.

Выполнение учебных проектов является мотивировкой учебно-познавательной деятельности, так как студенты делают персональные интеллектуальные инвестиции в проект и видят результаты своей деятельности, а также мотивацией служит и то, что они постоянно работают над совершенствованием собственных технологий, знаний, умений и навыков оперирования компьютерными программами и ресурсами INTERNET. Выбор тем курсовых работ и проектов определен требованиями практики проектирования с таким расчетом, чтобы ознакомить студентов со зданиями наиболее разнообразного характера. При разработке проектов преподаватели уделяют внимание применению студентами действующей нормативной документации. Формы и методы обучения направлены на формирование у студента ответственности, на развитие творческого мышления и самосознания, на повышение самостоятельности работы.

В курсовом проектировании студентам на разных этапах обучения предлагается репродуктивная и продуктивная форма. Репродуктивная форма направлена на получение известного результата известными средствами и основана на повторении первичных схем действия. Эта деятельность представляет собой процедуру проектирования по образцам, аналогам, прототипам и используется в учебном процессе при выполнении расчетно-графических заданий, курсовых работ и проектов.

Потребность в продуктивной деятельности возникает в связи с необходимостью решения новых по содержанию и масштабу проблем. Продуктивная деятельность характеризуется переходом от ориентации

на прототип, выполняющий роль образца с установленными и структурными характеристиками, от копирования свойств этого образца к методу проектирования, опирающемуся на своеобразие функционального назначения, на идеологическую значимость, художественные задачи. Учебная архитектурно-проектная деятельность характеризуется большим удельным весом продуктивной деятельности, компонентом которой является творчество.

Учебное проектирование прививает навыки сознательной и самостоятельной работы. Обучение строится на последовательной системе проектирования от малого к большому, от простого к сложному, от единичного к целому. В результате многократных упражнений студент приобретает умение проектировать объект в различных условиях окружающей среды. Учебное проектирование, имея свои отличительные особенности, в то же время соответствует характеру и задачам практического проектирования в условиях проектных организаций. В процессе работы над учебным проектом теоретические знания, полученные при изучении отдельных дисциплин, объединяются, выстраиваются в систему и приобретают конкретный практический смысл. Комплексный метод проектирования способствует раскрытию всех многообразных связей в архитектурном сооружении.

Нынешнего выпускника высшего учебного заведения характеризует соответствующий объем знаний и практически нулевой опыт. Опыт, в отличие от знаний, приобретают только в процессе практической деятельности, в ходе которой выполняют необходимые действия и анализируют результаты их выполнения. В то же время выполнение действий возможно только на основе знаний и определенных умений. В профессиональной деятельности навыки — действия, которые в результате многократного повторения становятся автоматическими, выполняются без видимого контроля — экономят силы, время и внимание.

Информационные технологии, компьютеризация деятельности и **жизни** человека повлекли за собой изменение представлений о профессиональной деятельности и профессионализме. Профессионализм как понятие определяют как «высокий **уровень** знаний, умений и навыков, позволяющий выполнять деятельность на высоком уровне — систематически, эффективно и надежно — в разнообразных условиях». Под профессионализмом в широком смысле **понимают высокую марку**, статус, качество специалиста. Проблема профессионализма **актуальна** в различных направлениях деятельности человека. Термин «профессионализм» тесно связано с категориями

«квалификация (подготовленность к выполнению профессиональной деятельности)» и «профессиональная компетентность (готовность к осуществлению профессиональной деятельности)».

Результативность, качество и надежность деятельности, требующей теоретических знаний, развитые умения и навыки, на первых этапах деятельности в профессии у выпускника не высоки. В этом случае речь идет о трудовой деятельности. Трудовая деятельность перерастает в профессиональную постепенно.

Совершенствование профессиональной практической подготовки предполагает:

во-первых, обеспечение подготовки к выполнению всех основных профессиональных функций;

во-вторых, готовность к выполнению не только отдельных операций, но и деятельности от начального этапа до анализа результатов.

Одним из подходов к решению проблемы повышения качества готовности выпускников к практической профессиональной деятельности является моделирование профессиональной деятельности в учебном процессе. Моделирование профессиональной деятельности в учебном процессе дает обучающимся правильное и полное представление о целостной профессиональной деятельности (от целеполагания до самоанализа процесса и результатов деятельности) и позволяет в процессе обучения овладеть способами (действиями, операциями) профессиональной деятельности настолько полно, что обеспечивает безболезненный переход к реальному выполнению профессиональных функций.

Моделирование профессиональной деятельности в учебном процессе преподаватели кафедры применяют как специфическую технологию обучения. Суть ее состоит в том, что обучающиеся не выполняют профессиональную деятельность, а имитируют ее. Моделирование профессиональной деятельности в учебном процессе предполагает, во-первых, установление составляющих элементов деятельности, во-вторых, определение значимости этих составляющих для протекания процесса, в-третьих, установление взаимосвязей между ними, характеризующих структуру целостной деятельности.

Студент осваивает новую для него **деятельность** от простых элементов к более сложным и затем переходит к овладению полноценной профессиональной деятельностью. Для **преподавателей** это движение имеет обратное направление — от целостной деятельности к составным ее частям и элементам.

Изучение основ архитектуры — это первые шаги к будущей профессиональной деятельности и методика обучения существенно отличается от изучения гуманитарных и математических дисциплин.

В современном образовании наиболее актуальной является проблема эффективности профессиональной подготовки специалистов. Практической основой подготовки выпускника является связь обучения с ремеслом.

Выпускник должен:

- уверенно ориентироваться в сложнейшей социальной, культурной, научной, технической, художественной и профессиональной среде;

- обладать развитым рационализмом и композиционным мышлением, способностью творчески использовать весь арсенал способностей создания надежной и полноценной искусственной среды жизнедеятельности человека;

- уметь органично вживаться в проектные ситуации, вести целенаправленный поиск нестандартных конструктивных и художественных решений с учетом эффективных традиционных и новаторских средств и технологий;

- владеть художественно-графическими навыками ремесла, техникой выражения проектных идей и их аргументированного отстаивания на разных этапах работы;

- уметь работать в проектной команде специалистов разных профессий, учитывая взаимные интересы и динамику решаемых задач;

- уметь внедрять проект в производство;

- иметь самостоятельность и оригинальность, творческую раскованность и свободу творчества, образность мышления и пространственного воображения, универсальность и открытость творчества.

Специалист сегодня — это самообучающийся субъект, который активно и сознательно использует информационные технологии в формировании своих знаний и навыков. Базой профессионализма служат коммуникабельность, ответственность, активность, а также желание и умение учиться. При этом решающую роль в становлении молодого специалиста, безусловно, играет его базовая подготовка в вузе и умение активно применять полученные знания.

#### **Список литературы:**

1. Чернышов Ю.В. К проблеме развития конструктивно-пространственного мышления инженеров-архитекторов в процессе

- обучения архитектурному рисунку // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 184-186.
2. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В. Реальное проектирование в учебном процессе при подготовке инженера-архитектора // Непрерывное многоуровневое профессиональное образование: традиции и инновации: в 3-х частях. Ч. 3. Повышение качества профессиональной подготовки: сборник статей по материалам региональной научно-методической конференции: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. Воронеж, 2011. С. 99-104.

## ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА ОБВОДНЁННЫХ ГЛИНИСТО- ПЕСЧАНЫХ ОСНОВАНИЯХ ПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Черныш А.С., канд. техн. наук,  
Долженков Д.Ю., аспирант

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

В городе Белгороде осуществляется массовая застройка пойменных территорий. Что в свою очередь приводит к значительному удорожанию строительства, за счет увеличения расходов на устройства фундамента. Причем не всегда данные фундаменты надежны и целесообразны.

На территории г. Белгорода находятся большие площади оснований пойменных отложений. Надежные основания на этих территориях располагаются на глубине 18 метров и более, свайные фундаменты в этом случае не обеспечивают надежную работу системы.

Рационализация конструкций фундаментов мелкого заложения: снижение осадок, уменьшение материалоёмкости фундаментов при сохранении несущей способности, всегда являлось актуальной задачей. Поставленные задачи обычно решаются рационализацией конструкции фундамента или изменением НДС грунта по подошве фундамента.

Одним из путей уменьшения осадки является изменение конфигурации конструкции фундамента мелкого заложения, а именно изменение конфигурации подошвы фундамента.

Для определения величины осадки была создана экспериментальная модель фундамента в программе Plaxis. За исходную отправную точку была принята подошва фундамента размером 2 метра шириной и высотой 0,5 м. и длиной 1 м. (Рис. 1).

Расчет производился на двух вариантах оснований

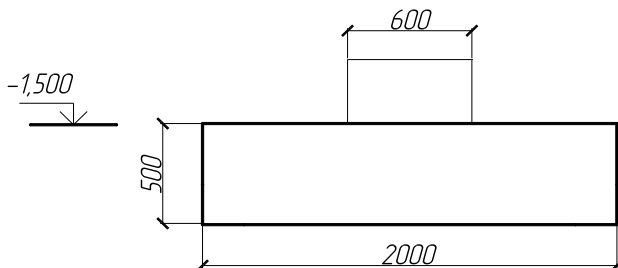


Рисунок 1 – Эскиз исходного сечения фундамента

Основание №1 – Суглинок. Механические характеристики:  
 модуль упругости  $E=5$  МПа, коэффициент сцепления  $c=12$  кПа,  
 угол внутреннего трения  $\varphi=12^\circ$ , удельный вес грунта  $\gamma_{II}=17,0$  кН/м<sup>3</sup>.  
 Модель материала грунта – Кулона-Мора.

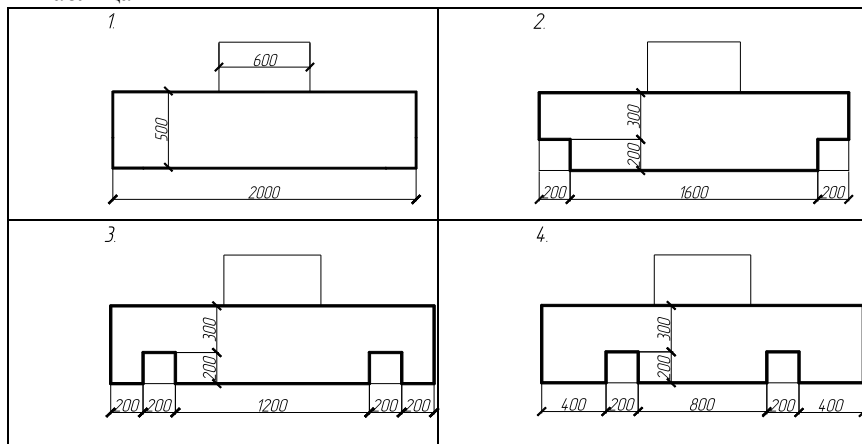
Основание №2 – Суглинок. Механические характеристики:  
 модуль упругости  $E=19$  МПа, коэффициент сцепления  $c=28$  кПа,  
 угол внутреннего трения  $\varphi=22^\circ$ , удельный вес грунта  $\gamma_{II}=18,5$  кН/м<sup>3</sup>.

Глубина заложения фундамента -1.500 м. На подошве  
 располагаются фундаментные блоки 1.5 метра высотой и шириной  
 0,6 м. Модель материала фундамента – линейно-упругая, удельный вес  
 бетона  $\gamma_{II}=24,0$  кН/м<sup>3</sup>, модуль Юнга  $2,92 \cdot 10^4$  МПа, коэффициент  
 Пуассона  $\nu=0,3$ .

В ходе эксперимента к конструкции фундамента была приложена  
 распределенная нагрузка  $F=250$  кН/м и  $F=500$  кН/м.

Ниже приведены эскизы различных конфигураций подошвы  
 фундамента.

Таблица 1

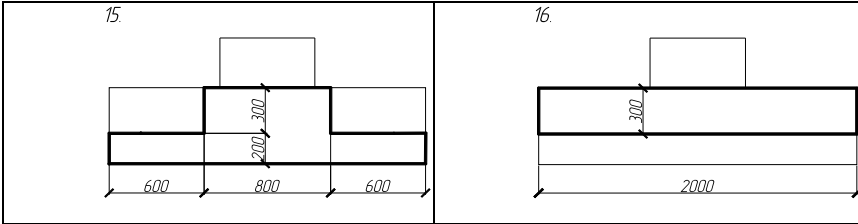




Продолжение таблицы 1

<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>
<p>9</p>	<p>10</p>
<p>11</p>	<p>12</p>
<p>13</p>	<p>14</p>

## Окончание таблицы 1



По каждой конфигурации был произведен расчет. Полученные результаты сведены в таблицу 2, согласно нумерации эскизов.

Таблица 2

№ п/п	Величина осадки $s$ , см			
	Основание №1		Основание №2	
	При нагрузке $F=250$ кН/м	При нагрузке $F=500$ кН/м	При нагрузке $F=250$ кН/м	При нагрузке $F=500$ кН/м
1	2	3	4	5
1.	1,411	9,191	0,344	0,706
2.	1,47	9,833	0,352	0,731
3.	1,409	9,202	0,345	0,707
4.	1,41	9,198	0,346	0,709
5.	1,414	9,234	0,349	0,714
6.	1,416	9,261	0,349	0,714
7.	1,428	9,487	0,349	0,718
8.	1,407	9,145	0,346	0,708
9.	1,412	9,211	0,352	0,719
10.	1,409	9,154	0,352	0,72
11.	1,418	9,239	0,359	0,734
12.	1,429	9,413	0,355	0,728
13.	1,465	9,798	0,358	0,739
14.	1,431	9,459	0,351	0,721
15.	1,444	9,634	0,358	0,737
16.	1,573	11,011	0,371	0,782

Разница осадок при нагрузке  $F=500$  кН/м приведена в процентах, на рис. 2 (основание №1), рис. 3 (основание №2) в виде диаграммы.

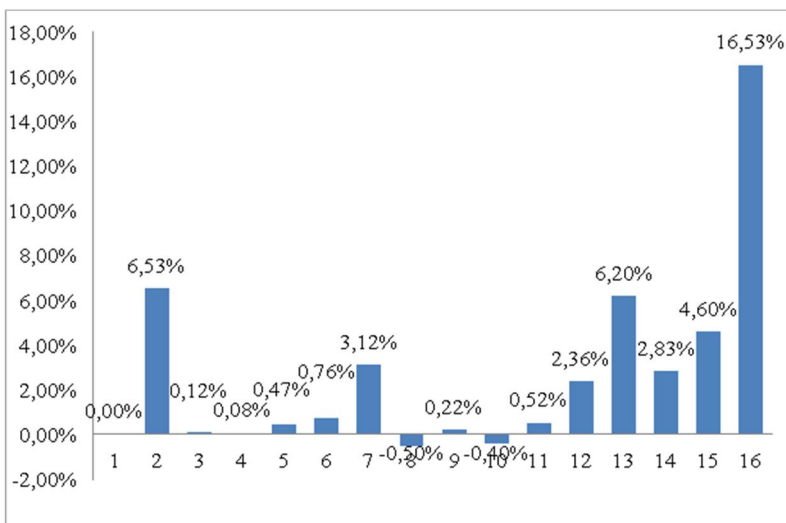


Рисунок 2 – Диаграмма разницы осадок фундамента в процентах основание №1

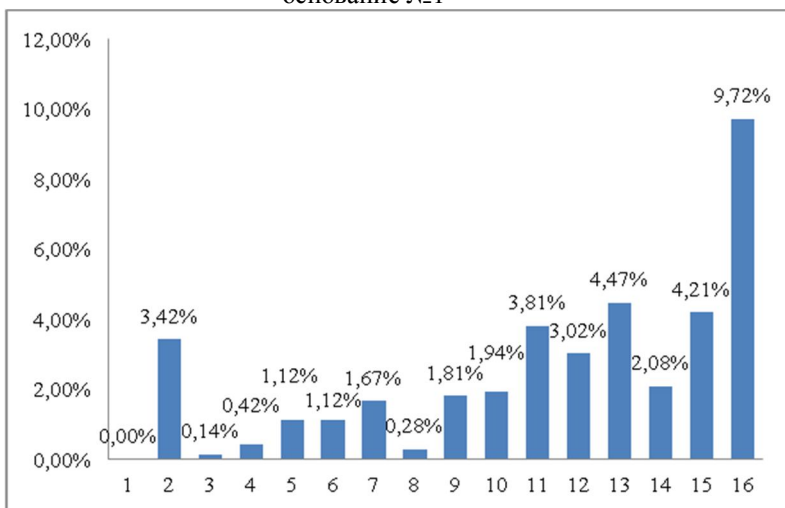


Рисунок 3 – Диаграмма разницы осадок фундамента в процентах основание №2

Из полученных данных можно сделать вывод, что исключение некоторых участков подошвы фундамента не приводит к значительному увеличению его осадки.

Из вариантов №2, 13, 16 можно сделать вывод, что высота подошвы, более эффективно задействована в крайних зонах. При включении в подошву №16 двух небольших сегментов по краям конструкции, мы видим, значительное снижение осадки. Следовательно, исключение сегментов по краям подошвы в точке соприкосновения с основанием не целесообразно.

Исключение сегментов подошвы, предполагает уменьшение объема бетона. Ниже приведены данные, площади сечения подошвы фундамента и объем на 1 погонный метр подошвы.

Так же, можно определить Удельную Несущую способность (УНС) подошвы фундамента, которая выражается как отношение нагрузки на 1 погонный метр к его объему:

$$УНС = \frac{F}{V_{\text{под}}} = \left[ \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right]$$

Таблица 3

№ п/п	$V_{\text{под}}, \text{м}^3$	УНС, $\text{кН}/\text{м}^3$
1	1	500
2	0,92	543,5
3	0,92	543,5
4	0,92	543,5
5	0,92	543,5
6	0,92	543,5
7	0,88	568,2
8	0,88	568,2
9	0,88	568,2
10	0,76	657,9
11	0,68	735,3
12	0,76	657,9
13	0,68	735,3
14	0,8	625
15	0,64	781,3
16	0,6	833

Имея данные осадки и объема, можно выбрать оптимальный вариант фундамента, с конструктивным и экономическим обоснованием.

Основываясь на проведенном эксперименте, описанном выше, была создана новая экспериментальная модель.

Было предложено рассматривать подошву фундамента, как составной конструктивный элемент, состоящий из трех одинаковых железобетонных элементов.

Исходя из полученных ранее результатов, очевидно, что исключение сегментов из условного прямоугольного сечения подошвы фундамента, не приводит к значительным увеличением осадки конструкции фундамента.

В ходе второго эксперимента, были использованы те же самые условия, что и для первого: Основание №1 – Суглинок. Механические характеристики:

модуль упругости  $E=5$  МПа, коэффициент сцепления  $c=12$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi=12^\circ$ , удельный вес грунта  $\gamma_{II}=17,0$  кН/м<sup>3</sup>. Модель материала грунта – Кулона-Мора.

Основание №2 – Суглинок. Механические характеристики:

модуль упругости  $E=19$  МПа, коэффициент сцепления  $c=28$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi=22^\circ$ , удельный вес грунта  $\gamma_{II}=18,5$  кН/м<sup>3</sup>.

Глубина заложения фундамента -1.500 м. На подошве располагаются фундаментные блоки 1.5 метра высотой и шириной 0,6 м. Модель материала фундамента – линейно-упругая. удельный вес бетона  $\gamma_{II}=24,0$  кН/м<sup>3</sup>, модуль Юнга  $2,92 \cdot 10^4$  МПа, коэффициент Пуассона.  $\nu = 0,3$ .

В ходе эксперимента к конструкции фундамента была приложена распределенная нагрузка  $F=500$  кН/м.

Эскиз исходной модели приведен на рис. 4.

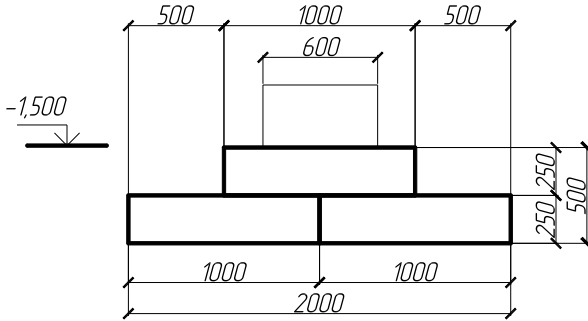


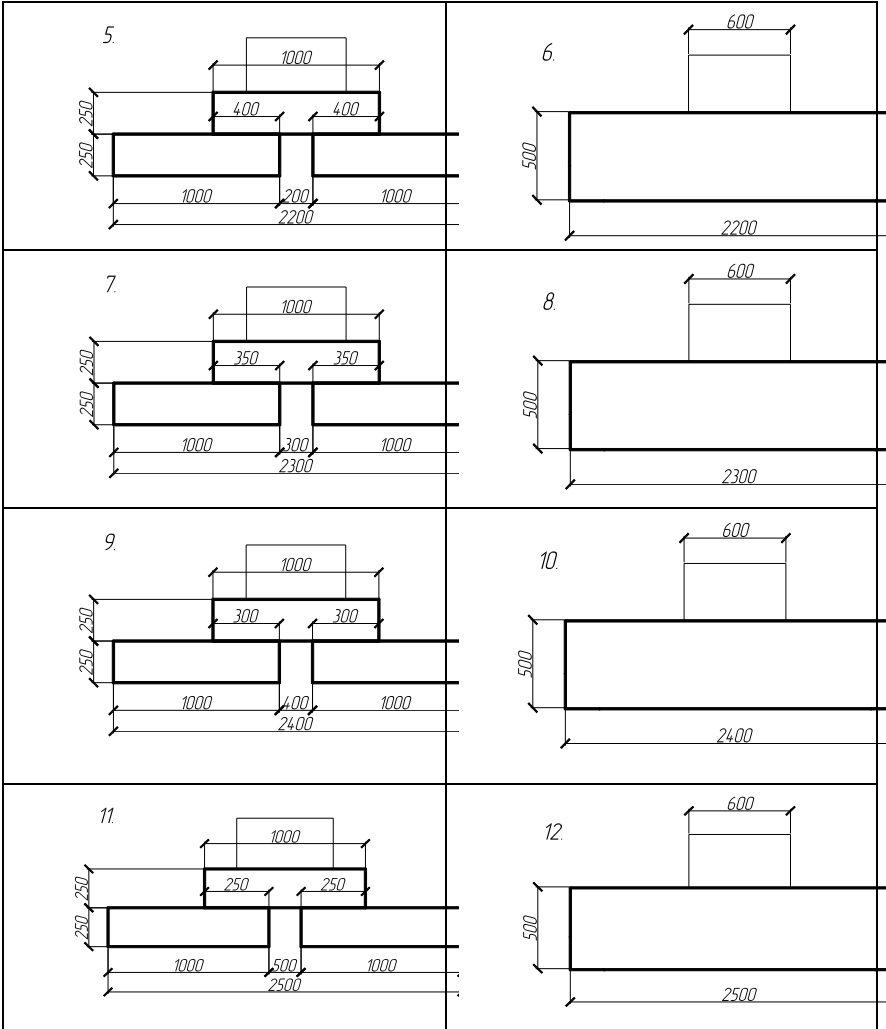
Рисунок 4 – Эскиз исходного сечения фундамента для второго эксперимента

В ходе последующих расчетов, нижние элементы раздвигались в противоположные стороны от оси симметрии конструкции. Так же для сравнения производился расчет осадки фундамента прямоугольного сечения, соответствующего габаритным размерам экспериментальной конструкции. Эскизы сечений приведены в таблице 4.

Таблица 4

<p>1.</p>	<p>2.</p>
<p>3.</p>	<p>4.</p>

Продолжение таблицы 4



По каждой конфигурации был произведен расчет. Полученные результаты сведены в таблицу 5, согласно нумерации эскизов. Так же по каждому эскизу приведен объем бетона подошвы, на 1 погонный метр. Так же, можно определить Удельную Несущую способность (УНС)

подошвы фундамента, которая выражается как отношение нагрузки на 1 погонный метр к его объему:

$$УНС = \frac{F}{V_{\text{под}}} = \left[ \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \right]$$

Таблица 5

№ п/п	Величина осадки s, см При нагрузке F=500 кН/м		Объем V <sub>под</sub> , м <sup>3</sup>	УНС
	Основание №1	Основание №2		
1.	10,709	0,732	0,75	666,7
2.	10,26	0,714	1	500
3.	9,777	0,725	0,75	666,7
4.	9,4	0,7	1,05	476,2
5.	8,883	0,716	0,75	666,7
6.	8,446	0,687	1,1	454,6
7.	8,225	0,709	0,75	666,7
8.	7,791	0,674	1,15	434,8
9.	7,481	0,703	0,75	666,7
10.	7,027	0,661	1,2	416,7
11.	7,054	0,7	0,75	666,7
12.	6,55	0,649	1,25	400

Исходя из полученных данных, построим графики (Рис. 5, 6) изменения величины осадки. В виде двух кривых: первая для величины осадки с применением сборного варианта подошвы, вторая для целой прямоугольной подошвы.

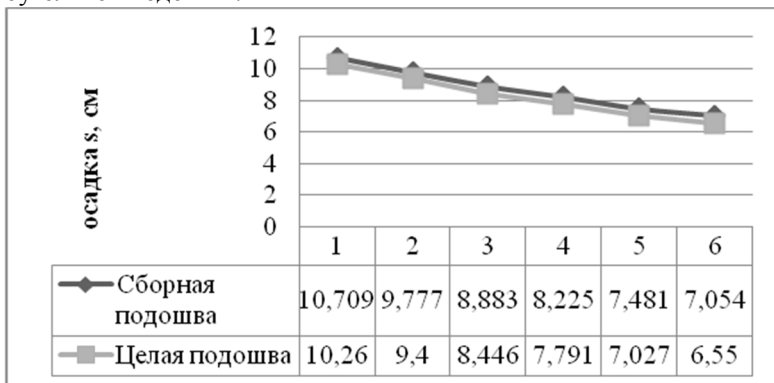


Рисунок 5 – График изменения величины осадки, при изменении ширины подошвы фундамента для основания №1



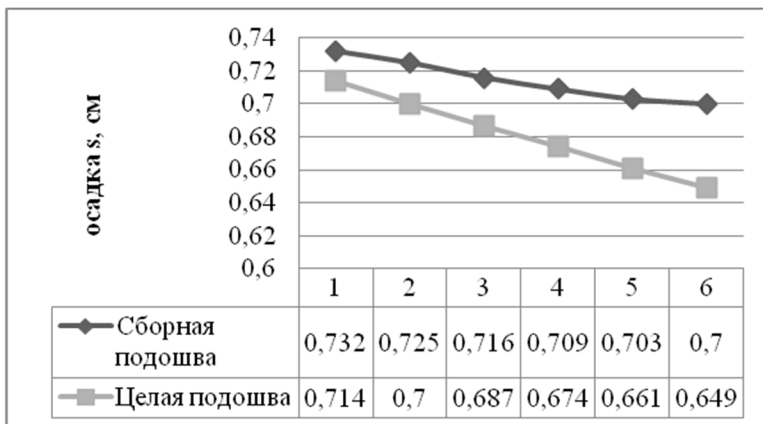


Рисунок 6 – График изменения величины осадки, при изменении ширины подошвы фундамента для основания №2

По кривым видно, что при увеличении ширины подошвы фундамента, его осадка уменьшается. Можно сделать вывод, что сборный вариант подошвы фундамента, ведет себя так же, как и используемая на данный момент в строительстве прямоугольная подошва.

Для наглядности приведем диаграмму (рис. 7,8) уменьшения осадки в процентах при увеличении величины ширины подошвы фундамента.

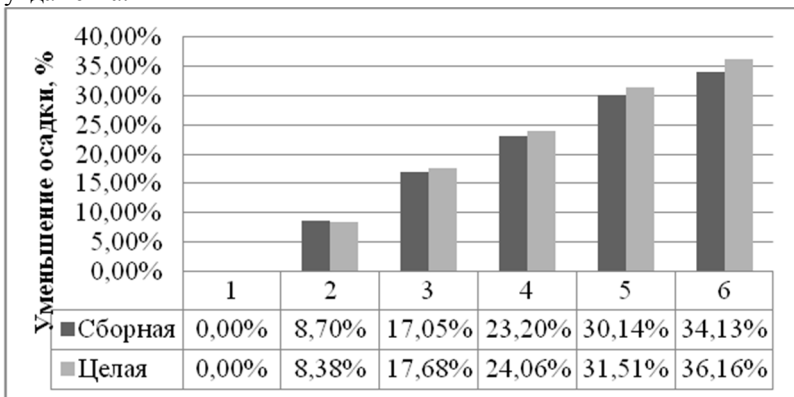


Рисунок 7 – Диаграмма уменьшения осадки в процентах для основания №1

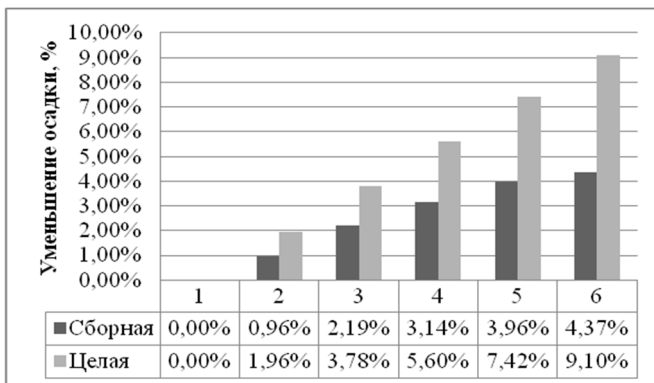


Рисунок 8 – Диаграмма уменьшения осадки в процентах для основания №2

Как видно из полученных результатов, изменение ширины фундамента актуально для грунтов со слабыми характеристиками.

Так же стоит отметить, что при значительном увеличении зазора между нижними элементами подошвы необходимо выполнить мероприятия, предотвращающие опрокидывание фундамента. Это видно по поведению грунта на сечениях из Plaxis (рис. 9, 10).

Одним из вариантов исключить опрокидывания фундамента, является устройство в зоне наибольшего давления подушки из щебня или гравия. Для обеспечения большего отпора со стороны грунта.

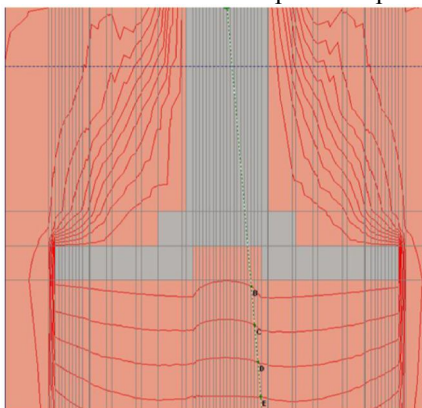


Рисунок 9 – Изолинии осадок грунта

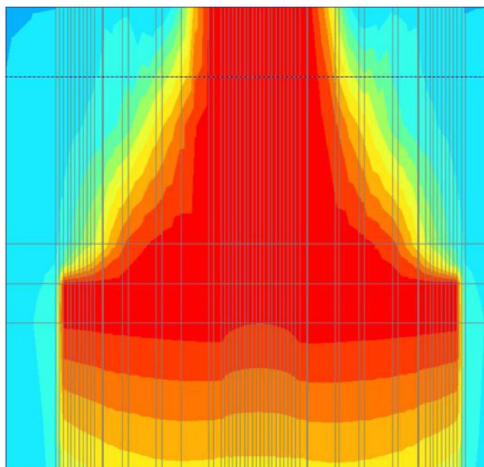


Рисунок 10 – Изолинии осадок фундамента и основания.

К преимуществам использования в строительстве сборного варианта подошвы фундамента можно отнести:

1. Уменьшение величины осадки, за счет увеличения общей ширины подошвы фундамента, без увеличения объема бетона.

2. Удобство монтажа. Например, исходя из величины удельного веса бетонного изделия  $\gamma_{II} = 24,0 \text{ кН/м}^3$ , масса одного элемента сборного варианта подошвы размером (1x1x0,25 м) составляет 600 кг. Тогда как масса целого элемента, к примеру, по эскизу №12 размером (2,5x1x0,5 м) составляет 3000 кг. Масса сборного элемента на 80% меньше, чем масса приведенного целого варианта подошвы.

3. Возможность унификации. При наличии определенного набора типовых размеров сборных элементов. По результатам расчетов, можно подбирать оптимальное использование одинаковых элементов для формирования различной ширины подошвы фундамента.

4. Удобство транспортировки.

5. Возможность применения фундамента из одних элементов на разномодульных грунтах, за счет изменения величины зазора между нижним рядом сборных элементов.

#### Список литературы:

1. Калачук Т.Г., Шатохина С.И. Создание и научное обоснование эффективных методов и средств строительного мониторинга и

- контроля технического состояния и надежности оснований, фундаментов и подземных сооружений // Международная науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2012. 1 электрон.опт. диск (CD-ROM).
2. Черныш А.С., Калачук Т.Г., Куликов Г.В. Расчет оснований и фундаментов: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. 82 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Василькин А.А., Щербина С.В., Сукач А.А.</b> Опыт численного определения оптимальной высоты стропильной фермы на этапе вариантного проектирования .....	3
<b>Бабина Е.А., Лосев Ю.Г.</b> Облегченное сборно-монолитное перекрытие для гражданских зданий.....	12
<b>Габдуллин Т.Р.</b> Проблемы метрологического обеспечения современного строительства.....	14
<b>Зверев В.В., Жидков К.Е., Сотникова И.В.</b> Каркасы зданий из легких металлических конструкций .....	20
<b>Зинькова В.А.</b> Динамика рационализации структуры ферм.....	25
<b>Золотых С.Н., Гридчин А.М.</b> Оценка применения упругих скреплений в бесстыковом пути .....	29
<b>Капленко О.А.</b> Стратегическая реконструкция объектов типовой застройки в крупных городах.....	34
<b>Китов Ю.П., Ватуля Г.Л., Вревичева М.А., Синчук С.Д.</b> Оптимизация параметров сечений статически определимой шпренгельной балки.....	38
<b>Клиньшов И.В., Колесов А.И., Ямбаев И.А.</b> Квадратные в плане сетчатые выпуклые оболочки двоякой кривизны из тонколистовых гнутых профилей.....	43
<b>Лоншаков Д.А.</b> О методике районирования и оценки территории по условиям доступности и привлекательности городской среды .....	48
<b>Марутян А.С.</b> Легкие металлоконструкции из гнutosварных профилей, включая перекрестные фермы типа «Пятигорск» и перспектива их развития .....	53
<b>Меркулов С.И.</b> Прогнозирование конструктивной безопасности эксплуатируемых зданий и сооружений .....	58
<b>Мещерякова Е.В., Сотникова М.В.</b> Определение эффективного поперечного сечения несущего U-образного профиля при работе на поперечный изгиб в составе покрытия поэлементной сборки .....	64
<b>Новиков М.В.</b> Характеристика ползучести и релаксация напряжений в конструкционном поризованном бетоне.....	69
<b>Панченко Л.А.</b> Расчет длинной трубы из стеклофибробетона, расположенной на жестком основании и заполненной жидкостью....	78
<b>Панченко Л.А.</b> Статистический подход к оценке прочности фибробетона .....	83
<b>Пашкова Л.А.</b> Восприятие города через городское пространство ....	87

<b>Першина И.Л.</b> Тенденции формирования инвестиций в студенческие общежития как в вид доходного жилья.....	92
<b>Перькова М.В., Большаков А.Г.</b> Совершенствование территориальной рекреационной системы Белгородской агломерации .....	97
<b>Перькова М.В., Горожанкина А.С.</b> Образ города: определение понятия и структуры .....	102
<b>Попова В.Ю., Большаков А.Г.</b> Особенности планировки кварталов в пространственной системе г. Белгорода .....	107
<b>Серых И.Р., Чернышева Е.В.</b> Сталобетон в современном строительстве .....	112
<b>Солодов Н.В., Водяхин Н.В.</b> Результаты испытаний образца сварного соединения .....	116
<b>Субочева А.В., Митякина Н.А.</b> Витражи в архитектуре и дизайне интерьера .....	120
<b>Субочева А.В., Беляева Л.Ю.</b> Тектоника мостов .....	125
<b>Тарасенко В.Н.</b> Проектирование шумозащитных сооружений .....	129
<b>Фролова М.А.</b> Архитектурная геоника для Северо-Арктического региона .....	133
<b>Черныш Н.Д., Митякина Н.А., Коренькова Г.В.</b> Об актуальности архитектурно-строительного проектирования в подготовке бакалавров по направлению «Строительство» .....	139
<b>Черныш А.С., Долженков Д.Ю.</b> Повышение несущей способности фундамента мелкого заложения на обводнённых глинисто-песчаных основаниях пойменных отложений .....	145