

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ СЕГМЕНТНЫХ ФЕРМ В НАДСТРОЙКАХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Платонова Р.М., Давидович А.С., Платонова М.А.

**Введение.** Строительство новых жилых домов – не единственный путь решения жилищной проблемы. Реконструкция и модернизация старых кварталов с «пятиэтажками», как правило, расположенных в относительной близости к центру города, имеющих развитую инфраструктуру, может предоставить городам дополнительные жилые площади. Кварталы, построенные в 60-х годах, являются собой пример низкоплотной застройки: всего до 4000 кв.м на гектар, что в 2-2,5 раза ниже застройки кварталов 80-х годов [1]. Здания некоторых типовых серий имеют запас прочности несущих конструкций зданий, что позволяет осуществлять надстройку до 7–9 этажей. Кроме того, значительные резервы территорий кварталов дают возможность увеличить плотность существующей застройки за счет пристройки дополнительных секций или застройки новыми точечными зданиями.

По расчетам специалистов – период окупаемости проекта реконструкции пятиэтажек составит примерно 10 лет, что весьма рентабельно для инвесторов [2].

Таким образом, в модернизации «хрущевских» кварталов заинтересованы все стороны. Для города – это снижение энергозатрат и, соответственно, нагрузки на коммунальный бюджет, а также частичное решение проблем очередников и обитателей ветхого и аварийного фонда. Для инвесторов – надежное вложение средств с достаточно высоким уровнем доходности. Обитатели пятиэтажек получают жилье с более высокими потребительскими качествами.

Реконструкция включает в себя следующие мероприятия, направленные на переустройство их объемно-планировочного и конструктивного решения:

- перепланировка помещений;
- усиление, частичная разборка или замена конструкций;
- надстройка дополнительных этажей;
- улучшение внешнего облика зданий;
- формирование современных интерьеров помещений.

Из этого многообразия выделим надстройку, как самый сложный и ответственный аспект реконструкции гражданских зданий.

Надстройка может осуществляться следующими способами:

- устройство мансард;
- надстройка нескольких этажей над существующим зданием;
- надстройка небольших помещений на части эксплуатируемой крыши с созданием мест для дополнительных рекреаций.

Обследования значительного количества старых зданий свидетельствуют о наличии определенного резерва их несущей способности, что позволяет выполнить надстройку без усиления существующих конструкций стен и фундаментов. В этом случае надстройка наиболее экономически целесообразна [3].

Учитывая жесткие ограничения по дополнительной нагрузке на существующие стены и фундаменты, следует стремиться к максимальному снижению массы конструкций надстраиваемых этажей.

Наиболее легкими для покрытий надстраиваемых этажей являются деревянные конструкции, которые по массе сопоставимы с аналогичными конструкциями, выполненными в металле, и в 5–7 раз легче бетонных и железобетонных. Кроме того, они обладают такими положительными качествами, как эстетическая привлекательность, экологичность и гигиеничность, высокая прочность при сравнительно небольшой плотности, химическая стойкость в некоторых агрессивных средах, легкость в обработке, возобновляемость в сырьевой базе и другие. Все это делает и сегодня применение деревянных конструкций достаточно популярным. А такие недостатки древесины как горючесть, подверженность биологическому повреждению и воздействию влаги легко устраняются с помощью современных антисептиков и антипиренов. Важным фактором для расширения области применения деревянных конструкций явилось производство клееной древесины, позволяющих перекрывать большие пролеты (до 100 м).

Наиболее широкое применение клееные деревянные конструкции (КДК) получили в США, Германии, Франции, Швейцарии, Японии, скандинавских странах. Мировой выпуск клееной древесины за 2002 г. составил 3400 тыс.куб.м. Из них 730 тыс.куб.м приходилось на США, 500 тыс.куб. м – на Японию и 2 млн. 200 тыс. – на страны Европы [4].

В Республике Беларусь в последние годы деревянные конструкции также применяются при строительстве различных объектов: спортивных залов, бассейнов, ледовых арен, рынков, складов минеральных удобрений, в надстройках и мансардах реконструируемых гражданских зданий.

Об эффективности применения КДК говорят следующие показатели: энергозатраты на обработку сырья и изготовление деревянных конструкций по сравнению с металлическими меньше в 8–10 раз, с железобетонными – в 3–4 раза [5].

В связи с этим определение наиболее экономичного решения покрытия надстроек с применением легких деревянных конструкций является актуальной задачей.

**Применение деревянных сегментных ферм в надстройках гражданских зданий. С целью выбора наиболее эффективных типов металлодеревянных сегментных ферм для устройства покрытий надстроек гражданских зданий показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления определялись в соответствии с «Методическими рекомендациями по технико-экономической оценке несущих клееных деревянных конструкций» [6].**

Фермы относят к классу сквозных конструкций, в которых пояса соединены между собой не сплошной стенкой, как у балок, а решеткой, состоящей из отдельных стержней – раскосов и стоек. Фермы применяют в покрытиях гражданских зданий в тех случаях, когда балки сплошного сечения оказываются экономически невыгодными.

Для проведения технико-экономического анализа рассмотрены следующие типы сегментных ферм (рис. 1):

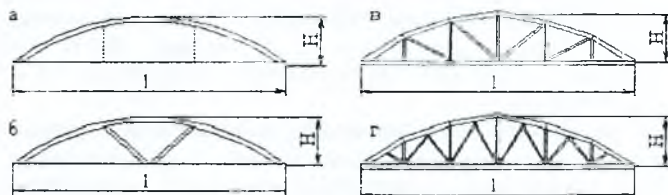
- металлодеревянные раскосные с клееным верхним поясом;
- безраскосные металлодеревянные с клееным верхним поясом;
- дощатые с соединением в узлах на металлических зубчатых пластинах (МЗП).

Шаг металлодеревянных сегментных ферм в покрытиях зданий назначают от 2 до 6 м, дощатых – от 0,5 до 2 м. Высота в середине пролета между осями поясов  $H = 1/6 l - 1/8 l$  ( $l$  – пролет конструкции).

Нижним поясам ферм при изготовлении придается строительный подъем  $f_{стр.} = 1/200 l$ .

МЗП – зубчатые крепёжные металлические пластины для соединения деревянных деталей. Их изготавливают методом штамповки из оцинкованной стали толщиной 1,2 мм или 2,0 мм.

Использование МЗП ("gang-nails") началось в США около 40 лет назад на юге Флориды, так как из-за притока новых жителей в южные штаты возникла большая потребность в жилье. В то время, чтобы удовлетворить эту потребность, строительной промышленности нужны были эффективные методы. Сегодня в Соединенных Штатах до 130 тыс. тонн металлических зубчатых пластин в год используется почти 1400 потребителями, осуществляющими сборку. В настоящее время конструкции с использованием соединительных пластин применяются практически по всей Европе и других странах мира.



а – безраскосная металлодеревянная (1 тип); б – металлодеревянная с раскосами (2 тип); в – на МЗП с раскосной решеткой и стойками (тип 3); г – на МЗП с треугольной решеткой и стойками

Рисунок 1 – Основные типы сегментных ферм

В бывшем СССР в 80-ые годы XX века ведущей научно-исследовательской организацией ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко были опубликованы рекомендации по испытанию и расчету соединений на МЗП, которые могут служить основой для разработки соответствующих стандартов и норм. Исследования Марийского государственного технического университета под руководством кандидата технических наук, доцента А.К. Наумова позволили построить первые объекты с использованием ферм на МЗП в 1970-х г.г. (птицефабрика совхоза "Сила" Горномарийского р-на, овцеводческий комплекс "Шойбулакский" и др.). Многолетний опыт эксплуатации этих конструкций подтверждает целесообразность их применения взамен трудоёмких традиционных стропильных систем для устройства покрытий зданий при реконструкции и строительстве [6].

В Республике Беларусь совместная белорусско-английская компания ООО «Каркасные строительные технологии» (г. Минск) также начала производство различных типов деревянных конструкций с применением МЗП. Компания принимает для производства конструкций высокопроизводительное североамериканское оборудование. По мнению изготовителей, применение деревянных конструкций на МЗП позволит уменьшить трудозатраты на 30% и сэкономить древесину до 25% [7].

Расчетные показатели материалоемкости и трудоемкости изготовления различных типов ферм представлены в табл.1. При определении расчетных показателей шаг клееных ферм принят 3 м, а дощатых ферм на МЗП – 1м.

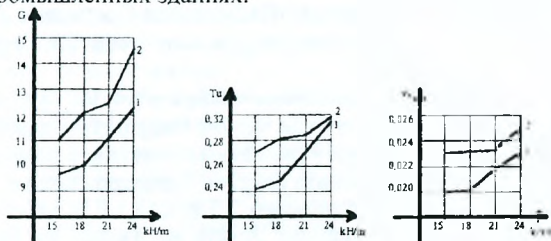
Из анализа технико-экономических показателей табл.1 следует, что наиболее эффективным типом ферм при пролете 12 м являются дощатые.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели ферм

Тип конструкции	Основные технико-экономические показатели (на 1 кв.м площади здания, l= 12м)			
	Расход пиломатериалов, Vп, куб.м	Расход стали, Gст, кг	Трудоемкость изготовления, Тi, д.чел.-час.	Масса конструкции, G, кг
1	0,02408	2,170	0,408	13,58
2	0,02923	2,340	0,421	14,04
3	0,01618	0,120	0,348	6,077
4	0,01888	0,192	0,402	7,141

Фермы на МЗП с раскосной решеткой и стойками (тип 3). Например, для этого типа ферм по сравнению с безраскосной фермой с клееным верхним поясом (тип 1) соответственно меньше: расход пиломатериалов – на 32,8 процента, трудоемкость изготовления – на 14,7 процента, расход стали – в 18 раз, масса конструкции – в 2,2 раза. Следовательно, для ферм 1 типа стоимость конструкции также будет выше. Однако проведенные ранее исследования технико-экономических показателей сегментных металлодеревянных ферм с клееным верхним поясом и раскосной решеткой (тип 2) показали, что с увеличением пролета и нагрузки эффективность их применения в строительстве общественных и промышленных зданий возрастает. Это связано с их конструктивными особенностями. Благодаря круговому очертанию верхнего пояса изменение величины усилий по его длине незначительно, изгибающие моменты в поясе и усилия в решетке небольшие; сочетание работы верхнего (деревянного) пояса на сжатие с изгибом, а нижнего (металлического) на растяжение дает положительный эффект. В данной работе были определены технико-экономические показатели ферм 2 типа для различных пролетов и нагрузок и получены соответствующие зависимости, которые представлены на рис.2.

**Заключение.** Таким образом, фермы на металлических зубчатых пластинах можно рекомендовать к применению при возведении надстроек, что позволит сократить его сроки, а также уменьшить себестоимость при сохранении качества. Сегментные металлодеревянные фермы 2 типа рекомендуется применять при пролетах 18-24 м и расчетной погонной нагрузке 15 кН/м и выше в общественных и промышленных зданиях.



1 - пролет 18 м; 2 - пролет 24 м

Рисунок 2 – Зависимость технико-экономических показателей сегментных ферм от пролета и нагрузки



### Список цитированных источников

1. Пилипенко В.М. // Комплексная реконструкция пятиэтажного жилого фонда индустриальной застройки - рациональное направление устойчивого развития жилых массивов // Строительная наука и техника. - 2005. - № 1. - С. 37-41.
2. Булгаков С.Н. // Окупаемая реконструкция пятиэтажной жилой застройки // Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - № 2. - С. 45-46.
3. Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.Бондаренко, Д.Ф. Говчаренко и др.; под ред. А.Л. Шагина: учеб. пособие для строительных вузов. - М.: Стройиздат, 1991. - 352 с.
4. Найчук, А., Васильев, С. // Клеевая древесина - строительный материал будущего. Архитектура и строительство. - 2009. - № 3. - С. 10-15.
5. Коваленко, В. // Деревянные клееные конструкции: зачем и почему // Архитектура и строительство. - 2009. - № 3. - С. 16-19.
6. Сарычев, В.С., Калугин, А.В. Методические рекомендации по технико-экономической оценке несущих клееных деревянных конструкций. - М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева. - ВНИИИС - № 2718. - 1981. - 82 с.
7. История развития конструкций на МЗП. (Электронный ресурс) - Режим доступа: <http://yandex.ru> / История развития конструкций на МЗП.

## PLANUNG UND AUSFÜHRUNG VON GRÜNDUNG UND BRUNNENANLAGE FÜR DEN NEUBAU DER GEBHARD-MÜLLER-SCHULE IN BIBERACH

Professor Dipl.-Ing. Rolf Schrodi

### 1. Projekt

Der Landkreis Biberach hatte im Jahr 1999 den Neubau der Gebhard-Müller-Schule am Berufsschul-Zentrum in Biberach beschlossen. Es sollte eine moderne Ausbildungstätte für im Mittel 1200 bis maximal 1700 Schüler und ca. 100 Lehrer auf einem kreiseigenen Grundstück in der Talau der Riss errichtet werden.

### 2. Baugrunderkundung

Hierzu wurde eine geotechnische Übersichtserkundung auf dem für den Bau verfügbaren Baugrundstück beauftragt. Im Januar / Februar 2000 wurden drei zusätzliche Kernbohrungen auf dem Grundstück hergestellt, es konnte auf fünf bestehende Baugrundaufschlüsse auf den Nachbargrundstücke zurückgegriffen werden. In diesem Übersichtsgutachten wurde die generelle Baugrundsituation beschrieben, der für die Lastabtragung der der Gebäudelasten anstehende unverlehnte Talkies fällt in seiner Höhenlage von der Leipzigstraße nach Osten hin ab. Es wurden bereits Hinweise auf eine mögliche Nutzung der oberflächennahen Geothermie in diesem Übersichtsgutachten gemacht. Dieses Übersichtsgutachten wurde als Grundlage für den Architektenwettbewerb verwendet.

Nachdem das Ergebnis des Architektenwettbewerbes im Jahr 2000 feststand, wurde abgestimmt auf diesen Entwurf eine weitere Baugrunderkundung im Jahr 2001 ausgeführt, in der auch die Mächtigkeit des Grundwasserleiters durch eine 20 m tiefe Bohrung erkundet wurde. Es wurde darin folgende Baugrundsituation festgestellt:

Unter künstlichen Auffüllungen zwischen 2,5 m und 3,7 m Mächtigkeit folgt ein Auelehm / Sumpfton, der unterschiedliche Anteile an organischen Bestandteilen enthält und stark kompressibel ist. Darunter folgen Sande und verlehnte Kiese von bis zu ca. 1 m Mächtigkeit. Ab einer Tiefe von ca. 3,6 m bis 5,5 m unter Geländeoberkante folgt der unverlehnte Talkies, es handelt sich dabei um ein intermittierend