

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

## РАЗЛИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Н. И. ВАТИН, д. т. н., проф., зав. кафедрой,  
А. С. СИНЕЛЬНИКОВ, аспирант кафедры,  
А. В. МАЛЫШЕВА, магистр кафедры,  
Д. В. НЕМОВА, инженер кафедры;

Кафедра «Технология, организация и экономика строительства» инженерно-строительного факультета ФГБОУ ВПО СПб ГПУ

**Рынок материалов и технологий для малоэтажного индивидуального жилищного строительства многообразен. Каждый производитель «увешивает наградами» свою технологию строительных конструкций, но на вопросы о сравнении с другими по ряду параметров, включая стоимость и окупаемость, покупатель зачастую получает уклончивый ответ, ссылаясь на множество факторов, влияющих на эффективность применения той или иной технологии.**

На базе Санкт-Петербургского государственного политехнического университета был произведен комплексный анализ пяти ключевых технологий строительных конструкций.

В России кирпичное и каменное малоэтажное домостроение занимает около 60%, доля экономичного деревянного, хоть оно и находится на втором месте, составляет 23%. Из отечественных индустриальных технологий в малоэтажном строительстве используются каркасные конструкции (как деревянные, так и металлические), многослойные ограждающие конструкции «сэндвичного» типа, несъемная опалубка, керамический кирпич, пенобетонные или газобетонные блоки, профилированный брус, природный и искусственный камень.



В данной публикации представлено комплексное сравнение стен «каркасных» и «бескаркасных» конструкций. Проанализировав рынок строительных технологий, которые наиболее востребованы в первую очередь на территории РФ и СНГ, было отдано предпочтение пяти основным вариантам возведения зданий:

- 1) кирпич;
- 2) пеноблок;
- 3) брус клееный;
- 4) деревянный каркас;
- 5) легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК).

### Кирпич

Несмотря на то, что в последнее время появилось большое количество современных строительных материалов и технологий, при возведении загородных домов часто используют кирпич. Хорошо развитая производственная база, высокие эксплуатационные характеристики (долговечность, прочность), возможность создания сложных архитектурных форм и декоративных деталей при кладке стен, а также соображения престижа обеспечили этому материалу огромную популярность.

Кирпич — это самый дорогой и престижный строительный материал. Возведенные из кирпича дома стоят сотни лет, поэтому просторный кирпичный дом, без сомнения, станет вашим семейным поместьем, в котором будете жить вы и ваши праправнуки.

Способность сохранять тепло в доме — это главное преимущество кирпича, и, конечно, нельзя забывать о таком важном свойстве кирпича, как его долговечность. Он является одним из самых крепких и надежных строительных материалов, если при его изготовлении соблюдаются все установленные нормы.

Кроме теплосбережения и долговечности, строительство домов из кирпича имеет и другие положительные стороны. Кирпич соответствует нормам пожаробезопасности, так как он не горит. В кирпиче не возникают процессы гниения, он не может быть испорчен какими-либо вредителями, атмосферные осадки и солнечные лучи на него не влияют никаким образом. Кирпич пропускает в дом необходимое количество воздуха, а в летний период защищает воздух в доме от перегрева. Необходимо также обратить внимание и на такие недостатки, как низкие теплотехнические показатели и значительный вес.



### Пеноблок

Одним из самых массовых стеновых материалов, используемых в настоящее время для наружных ограждений, является пеноблок.

Кладка из пеноблоков (с тонким швом) из бетона марок по плотности D500 и ниже обладает теплопроводностью в пределах 0,15 Вт/(м °С), что позволяет получить достаточное сопротивление теплопередаче при разумной толщине конструкции. Однослойная кладка толщиной до полуметра позволяет соблюдать требования тепловой защиты наружных ограждений жилых зданий практически во всех регионах России.

Газобетонные блоки обладают уникальным набором характеристик:

- отличные теплоаккумулирующие свойства исключают резкие температурные колебания зимой и летом;
- звукоизоляционный материал;
- морозостойкий материал;
- экологически безопасный материал;
- экономичный материал;
- высокотехнологичный материал (обеспечивает высокую скорость строительства благодаря своей практически идеальной геометрии и большим размерам: блоки, перегородки, а также армированные изделия позволяют быстро возводить не только однородные стены, но и целые дома);
- долговечный материал (не горит, не ржавеет, не гниет, не подвержен воздействию грызунов и насекомых, не боится плесени, не взаимодействует с водой, т. е. не растворяется и не вымывается).

Таким образом, в зданиях, возведенных из газобетонных блоков, обеспечены комфортные для потребителя условия проживания.

### Технология ЛСТК

За рубежом технология возведения легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из оцинкованной стали успешно применяется в строительстве более 30 лет. В нашей стране практика ее применения насчитывает чуть больше 10 лет. Однако за столь короткое время на российском рынке сложился устойчивый спрос на ЛСТК.

С каждым годом в отечественной строительной практике эти конструкции находят все более широкое применение — как в качестве самостоятельных несущих конструкций в малоэтажных зданиях, так и в виде элементов кровельных систем и стенового фахверка.

Легкие балки, обрешетка и термопрофили составляют основу эффективной технологии возведения облегченных энергосберегающих построек. Основой для термопанелей служат термопрофили (легкие стальные профили), которые изготавливаются из высокопрочной конструкционной стали толщиной от 0,8 до 2 мм.



### Почему строители используют сталь?

Дело в том, что сталь характеризуется очень высоким значением отношения прочности материала к его плотности. Например, у дерева этот параметр почти вдвое, а у железобетона в 20 раз меньше, чем у стали. Это дает возможность создавать легкие конструкции большой несущей способности.

Недостатки стали — ее низкая коррозионная стойкость и высокая теплопроводность. Коррозионная стойкость в термопрофиле обеспечивается применением горячеоцинкованной стали с толщиной покрытия от 18 до 40 мкм включительно.

Достоинства термопанелей:

- огнестойкость, пожароустойчивость и пожаробезопасность;
- хорошая звуко- и теплоизоляция;
- экономичность;
- долговечность;
- легкость конструкции;
- экономия пространства.

Металлические конструкции, в отличие от деревянных, стабильны по размерам и не подвержены усадке, поэтому сразу можно заказывать окна и двери, выполнять отделочные работы в доме. Увеличивается и скорость строительства, например коттеджа. Прочность стальных конструкций позволяет строителям делать более широкие проемы между несущими элементами и использовать любые кровельные и облицовочные материалы. Благодаря оцинковке срок службы стальных тонкостенных конструкций составляет не менее 100 лет.

Подбор состава стены ведется исходя из равных требований:

- к внешнему виду — фасадная отделка под кирпич;
- к внутреннему виду — под чистовую отделку;
- к теплотехническим характеристикам — среднее значение сопротивления теплопередаче для ЦФО — 3,087 м<sup>2</sup> °С/Вт;
- к свойствам материалов — размеры, коэффициент теплопроводности.

### Составы анализируемых стен

Кирпичная стена:

- штукатурка — 5 мм;
- кирпичная кладка — 250 мм;
- утепление минеральной ватой — 100 мм;
- воздушный зазор — 20 мм;
- облицовка фасада кирпичом — 120 мм.

Стена из пеноблока:

- штукатурка — 5 мм;
- пеноблок — 200 мм;
- утепление минватой — 100 мм;
- воздушный зазор — 20 мм;
- облицовка фасада кирпичом — 120 мм.





Стена из бруса клееного:

- обшивка с внутренней стороны ГКЛ+ГВЛ — 25 мм;
- каркас под обшивку — 27 мм;
- брус — 150 мм;
- утепление минватой — 100 мм;
- зазор — 20 мм;
- облицовка фасада кирпичом — 120 мм.

Деревянный каркас:

- обшивка с внутренней стороны ГКЛ+ГВЛ — 25 мм;
- деревянный каркас с заполнением минеральной ватой — 150 мм;
- обрешетка — 44 мм;
- фиброцементные панели под кирпич — 15 мм.

ЛСТК:

- обшивка с внутренней стороны ГКЛ+ГВЛ — 25 мм;
- стальной каркас с заполнением минеральной ватой — 150 мм;
- обрешетка — 44 мм;
- фиброцементные панели под кирпич — 15 мм.

#### Описание сравнительного анализа технологий строительства по группам параметров

Каждая из анализируемых конструкций стен была оценена по пятибалльной шкале по каждому из 20 параметров, которые можно условно разделить на 5 групп.

##### 1. Физические параметры:

- фактическое сопротивление теплопередаче (среднее значение для ЦФО —  $3,087 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ );
- огнестойкость (III степень);
- экологичность;
- шумоизоляция;
- наличие горючих материалов.

##### 2. Условия строительства:

- возможность строительства и нормальной эксплуатации в различных регионах;
- строительство на сложных рельефах и нестабильных грунтах;
- сезонность строительства (не включая фундамент);
- возможность строительства в районах с повышенной сейсмической опасностью;
- влияние погодных условий;
- транспортные расходы;
- доставка в труднодоступные районы.

##### 3. Дополнительные работы/реконструкция:

- дополнительные работы перед внутренней чистовой отделкой после возведения коробки;
- изменение фасадной отделки;
- прокладка инженерных сетей;
- специальные требования к несущему конструктиву здания, дополнительные работы;

##### 4. Экономические параметры:

- полезная площадь внутренних помещений при наружных размерах дома 8 x 10 м;
- стоимость строительства под чистовую отделку.

##### 5. Вероятностные параметры:

- изменение геометрии, свойств несущего конструктива здания под воздействием внешних факторов и времени;
- вероятность ошибки как следствие «человеческого фактора».

**Физические параметры.** Фактическое сопротивление теплопередаче стеновых конструкций было вычислено согласно общеизвестной методике, изложенной в СНиП. Полученные значения сопротивления теплопередаче вошли в диапазон от 3,17 до 4,181  $\text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$  соответственно для стен из кирпича и пеноблока. Следует обратить внимание, что среднее значение данного параметра для центрального федерального округа составляет 3,087  $\text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Данное значение было преодолено всеми рассматриваемыми конструкциями стен. Все анализируемые конструкции соответствуют огнестойкости III-й степени; в случае с деревянными конструкциями требуется регулярная обработка антипиренами, применение которых влияет непосредственно на экологичность технологии. Способность ограждающей конструкции уменьшать проходящий через нее звук, другими словами, шумоизоляция соответствует требованиям СНиП 23-03-2003 во всех технологиях.

**Условия строительства.** Возможность строительства и нормальной эксплуатации в различных регионах была априори предусмотрена в любом районе на территории РФ. Транспортные расходы и доставка в труднодоступные районы обременительны для застройщика, который ведет возведение зданий из кирпича, пеноблока и клееного бруса, в силу собственного веса основных строительных материалов (кирпич, пеноблок, дерево). Строительство на сложных рельефах и нестабильных грунтах дополнительно к стоимости строительства надземной части здания добавит стоимость фундаментов, которые в случае «тяжелых» технологий будут дороже и потребуют больших трудозатрат по сравнению с фундаментами «легких» технологий. Сезонность строительства и погодные условия в первую очередь важны при возведении стен из кирпича и пеноблока (не включая фундамент), то есть возведении, связанном с рабочей температурой для песчано-цементного раствора.

Возможностью строительства в районах с повышенной сейсмической опасностью обладают все рассмотренные технологии строительства, однако для стен из кирпичной/пеноблочной кладки это возможно только с проведением ряда конструктивных мер, влекущих увеличение стоимости.

**Экономические параметры.** Решающим фактором при выборе той или иной технологии при первом поверхностном взгляде, несомненно, является стоимость строительства под чистовую отделку. Дороже всего застройщику обойдется







возведение стены из клееного бруса (24,2 тыс. руб./м<sup>2</sup>); примерно на 2–5 тыс. рублей дешевле — из кирпича и пеноблока. Самыми бюджетными вариантами оказалось строительство деревянной каркасной стены (15,2 тыс. руб./м<sup>2</sup>) и по технологии ЛСТК (16,5 тыс. руб./м<sup>2</sup>).

Следующий параметр следует отнести в первую очередь к экономическим, так как этот показатель отвечает за количество квадратных метров при заданных внешних габаритах дома 8 x 10 метров. При средней стоимости 1 м<sup>2</sup> на территории Санкт-Петербурга в 70–80 тыс. рублей борьба за дополнительную площадь имеет смысл. По данному параметру победителями вышли технологии «каркасного» строительства (толщина стены — 23,4 см, площадь — 71,8 м<sup>2</sup>), а последнее место заняла технология кирпичного домостроительства (толщина стены — 49,5 см, площадь — 63,16 м<sup>2</sup>). В абсолютных показателях разница составила около 8,5 м<sup>2</sup> (или 640 тыс. руб.), в относительных — порядка 12%.

**Дополнительные работы/реконструкция.** Дополнительные работы перед внутренней чистовой отделкой после возведения коробки оказались необходимы во всех трех «бескаркасных» технологиях. В свою очередь применение гипсокартонных листов (ГКЛ) в качестве чернового покрытия дает возможность приступить к чистовой отделке без дополнительных трудозатрат. В этот же блок входит и параметр «Специальные требования к несущему конструктиву здания, дополнительные работы». Без особых требований возможно возведение кирпичных стен и стен по технологии ЛСТК. Создание армопоясов при кладке пеноблоками, обработка антисептиками и антипиренами деревянных конструкций, определенная влажность пиломатериала — все это следует учесть в оставшихся конструкциях.

Изменение фасадной отделки, с учетом финансовых затрат, приводит к существенным дополнительным вложениям, которые могут быть сравнительно меньше только в случае каркасного строительства.

Качественным фактором при прокладке инженерных систем является наличие/отсутствие возможности спрятать в стене, например, электропроводку при небольшой трудоемкости выполнения работ по укладке (к трудоемким работам относится штробление).

**Вероятностные параметры.** В данный блок параметров вошли изменения геометрии, свойств несущего конструктива здания под воздействием внешних факторов и времени, а также вероятность ошибки вследствие «человеческого фактора». В случае с первым из параметров основной неприятностью является усадка или сколы деревянных элементов, а также появление такого дефекта, как изменение прямолинейности. Для не деревянных конструкций изменение геометрии и свойств с течением времени

не характерно. Стоит отметить, что биоповреждения не рассматривались в данном случае. Вероятность ошибки при возведении стеновых конструкций зависит от опыта ведения работ и профессионализма строителей, что современных реалиях немаловажно. Работа, связанная с кладкой кирпича и пеноблока, имеет максимальную вероятность ошибки; детальная проработка рабочей документации и точность изготовления монтируемых элементов снижает вероятность возникновения ошибок (стена из клееного бруса, «каркасные» технологии). Проект дома из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), в отличие от обычного строительного проекта, относится к машиностроительному конструированию и максимально индустриализует строительный процесс, делает его легко управляемым и поэтому привлекательным для заказчика. Простота сборки каркаса ЛСТК, без какой-либо подгонки, по сути напоминает конструктор «лего»

Результаты анализа сведены в таблицу №1. Параметр, который не вошел в таблицу, но носит иногда ключевой характер при выборе конструкции, — вес квадратного метра стены.

Принимая во внимание средние значения удельной плотности применяемых материалов, были получены следующие результаты. Тяжеловесом в данной категории, как и ожидалось, вышла кирпичная стена с весом в 416 кг/м<sup>2</sup>. Отрыв от остальных бескаркасных технологий (пеноблок — 329 кг/м<sup>2</sup>, клееный брус — 316 кг/м<sup>2</sup>) составил порядка 100 кг. Каркасные технологии, представленные деревянным каркасом и ЛСТК, по своему весу за квадратный метр стены оказались почти в 5 раз легче кирпичной стены, а именно — 88 и 85 кг соответственно. Другим неоспоримым преимуществом в наше стремительно меняющееся время является возможность эффективного ремонта и реконструкции домов из ЛСТК. Стены из металлоконструкций гораздо легче заменить или перенести, чем кирпичные или бревенчатые. Затраты и неудобства реконструкции несопоставимо меньше, чем при перестройке домов из традиционных материалов

Сравнительная оценка по пятибалльной шкале в каждом из 20-ти параметров выявила технологии строительства, которые являются наиболее оптимальными, экономически выгодными.

Лидерами стали «каркасные» технологии:

— ЛСТК (легкие стальные тонкостенные конструкции) — 98 баллов;

— каркасная деревянная стена — 92 балла.

Бескаркасные технологии строительства заняли второе место:

— кирпичная стена — 77 баллов;

— стена из пеноблока — 80 баллов;

— стена из бруса клееного — 78 баллов.

Выбор за Вами!

#### Литература

1. СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника».
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
3. Гринфельд Г. И., Куптараева П. Д. «Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации». // «Инженерно-строительный журнал», №8, 2011 г.
4. Гринфельд Г. И., Куптараева П. Д. «Неуловимая энергоэффективность». // «Промышленно-строительное обозрение», №123, 2011 г.
5. Гагарин В. Г. «Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций здания»: Труды 1-й Всероссийской научно-технической конференции, 26–27 июня 2008 г. «Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования».
6. Табунщиков Ю. А., Ливчак В. И., Гагарин В. Г., Шилкин Н. В. «Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий». // «АВОК», №5, 2009 г. □