

дам относительно архитектуры крыш: 1) при строительстве новых зданий все чаще используются более сложные формы крыш; 2) красота зданий заключается как в их симметрии, так и в асимметрии; 3) применение различных геометрических форм в архитектурных сооружениях дает возможность изменить традиционную архитектуру городского строительства; 4) застройка городов и поселков зданиями с крышами, имеющими современные конструкции, делает их более привлекательными для жителей и гостей.

#### Список цитированных источников

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1998. – 272 с.
2. Орловский Б.Я. Архитектура: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Гильберт. Д. Наглядная геометрия. – М.: Наука, 1981. – 344с.

УДК 697.13:692.23

*Мирончук В.С., Юркевич И.В.*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.*

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ ЖИЛЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В настоящее время строительство жилых зданий, в том числе индивидуальных, существенно отличается от того, что строили в конце 20 века. Современные требования к энергосбережению, архитектурной выразительности, долговечности, комфортности жилья требуют новых подходов к разработке и выбору строительных систем, технологий возведения и монтажа конструкций и инженерного обеспечения жилых домов.

Требования к повышению тепловой защиты зданий и сооружений – основных потребителей энергии, являются важным объектом государственного регулирования в большинстве стран мира. Они рассматриваются также с точки зрения охраны окружающей среды, рационального использования невозобновляемых природных ресурсов и уменьшения влияния "парникового" эффекта и сокращения выделений двуоксида углерода и других вредных веществ в атмосферу. Цены на энергоносители растут с каждым годом, а невозобновляемые источники энергоресурсов с каждым днем исчерпываются. Более 50% мировых энергетических ресурсов расходуется на энергоснабжение зданий и сооружений. Одной из основных задач, которые сформулированы в концепции развития строительного комплекса Республики Беларусь на 2011–2020 гг., является строительство энергоэффективных жилых домов. Удельное потребление тепловой энергии на отопление таких зданий не должно превышать 60 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup> в год и в перспективе до 2020 г. до 30-40 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup> в год. Именно поэтому для эффективного использования энергетических ресурсов прежде чем начать строить или проектировать здание, необходимо решить проблему максимального сбережения в нем тепла, которое уходит через пол, стены, окна, покрытие и крышу. В структуре теплового баланса жилого здания теплопотери в холодный период года через стены составляют 25-30% от общего их количества. Анализ, расчеты и проектные проработки показали, что наружные стены сплошной (однородной) конструкции, в том числе легковесные, кирпичные, деревянные и ячеистобетонные не удовлетворяют теплотехническим и экономическим критериям. Это обусловило разработку и при-

менение новых конструктивных решений ограждающих конструкций. На сегодняшний день применяется несколько основных конструктивных решений теплоэффективных стен, которые достаточно хорошо зарекомендовали себя.

1. Многослойная стена с использованием штучных стеновых материалов. Средний слой выполняется из эффективных утеплителей (минераловатных, стекловолоконистых, пенополистирола). Внутренний и наружный слой связываются гибкими связями (стеклопластиковыми, базальтопластиковыми, стальной проволокой). Это достаточно простая и технологичная система, широко применяемая в строительстве. Основными недостатками, которые выявляются при эксплуатации являются: температурно-усадочное растрескивание, подтеки в зоне незащищенных от коррозии металлических опорных столиков.

2. Фасадная теплоизоляция с последующим оштукатуриванием по сетке. Основное применение такой системы – это санация жилых домов старых массовых серий с кирпичными и панельными стенами. Достоинством такой системы является отсутствие значительных дополнительных нагрузок от фасадной теплоизоляции. Системы утепления с оштукатуриванием фасадов предусматривают клеевое или механическое закрепление утеплителя с помощью анкеров, дюбелей и каркасов к существующей стене с последующим покрытием его защитными слоями. Помимо общего требования к надежному закреплению слоев к существующей стене, в данной системе утепления обязательным по условиям годового баланса влагонакопления является требование к паропроницаемости накрывочных штукатурных слоев. Определяющим критерием в долговечности таких систем является стойкость фасадной гидроизоляционной штукатурки.

3. Трехслойная стена по системе «вентилируемый фасад» позволяет проводить работы круглогодично, преимуществом является возможность быстро устранять дефекты. Недостатком системы кроме высокой стоимости является низкий коэффициент теплотехнической однородности.

4. Стена с использованием блоков из ячеистого бетона. В Беларуси стеновое ограждение каркасных зданий, как правило, выполняется в виде одно- или двухслойной кладки. Кладка однослойных стен обычно ведется из ячеистобетонных (газосиликатных) блоков на тонких растворных швах с последующими защитно-декоративной облицовкой штукатурным раствором и окраской. Значительно реже возводятся здания, стеновое ограждение которых выполняется двухслойным – из ячеистобетонных блоков с защитно-декоративной облицовкой из кирпича.

Газосиликатные стеновые блоки гигроскопичны, соответственно может появиться грибок, плесень. Поэтому готовые конструкции нуждаются в наружной отделке (оштукатуривание, облицовочный кирпич, вагонка или блок-хаус, навесные и вентилируемые фасады). Кроме того, высокий по сравнению с аналогичными стройматериалами коэффициент паропроницаемости (в 4 раза выше, чем у блоков из тяжелого бетона), накладывает определенные ограничения на утепление и отделку конструкций из газобетона. Нельзя использовать экструдированный пенополистирол, другие теплоизоляторы и стройматериалы с почти нулевым показателем паропроницаемости. Как вариант для возведения стен могут использоваться керамзитобетонные камни и поризованные керамические блоки.

5. Стена в несъемной опалубке.

Это относительно новый и пока незначительно распространенный в Беларуси вид энергоэффективной стены. Несъемная опалубка – блоки или панели из различных материалов, которые монтируются в единую опалубочную

конструкцию - форму для укладки монолитного армированного бетона. Такая конструкция ускоряет и упрощает строительство за счёт объединения нескольких операций в одном технологическом цикле (несущая стена с нужным сопротивлением теплопередаче возводится за один технологический цикл). Несъёмная опалубка после схватывания в ней бетона становится функциональной частью конструкции готовой стены. Такая конструкция теплоэффективной стены впервые появилась в середине шестидесятых в Австрии. В связи с развитием строительства и желанием потребителя улучшить условия жизни (меньше затраты на постройку и отделку дома, быстрые сроки, экологичность) – несъёмная опалубка, которая не требует дополнительной теплоизоляции, получила достаточно широкое распространение за рубежом, особенно в малоэтажном строительстве.

Выделяют следующие виды несъёмной опалубки:

- плиты с древесным наполнителем;
- пенополистирольная;
- бетонная (легкобетонная) опалубка.

К первому виду относят цементно-стружечные плиты и аналогичные им материалы DURISOL, Green Board, **VELOX**. Цементно-стружечные плиты (ЦСП; англ. cement bonded particle board) — композиционный листовой строительный материал, изготавливаемый из тонкой древесной стружки, портландцемента и химических добавок, снижающих вредное воздействие экстрактов древесины на цемент. Материал DURISOL на 80-90% состоит из щепы хвойных деревьев, обработанной минеральными добавками и скрепленной портландцементом.

Плиты Green Board – многофункциональный, экологически чистый и безопасный строительный материал из древесной стружки 60%, портландцемента и добавок. **Строительная система VELOX** – комплексная технология быстрого возведения зданий методом монолитного строительства в несъёмной опалубке из щепоцементных плит. Основные показатели свойств опалубки с древесным наполнением приведены в таблице 1. Проанализировав технические свойства различных видов такой опалубки, представленной на строительном рынке Беларуси, установили, что все виды опалубки с древесным наполнителем обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными характеристиками. Это экологичные, прочные и долговечные материалы с высокой степенью пожарной безопасности, не подверженные гниению, поражению грибками и плесенью, морозоустойчивые, позволяющие возводить монолитные здания, удовлетворяющий всем критериям комфортного и безопасного жилья.

Таблица 1 – Основные технические показатели опалубки с древесным наполнителем

Материал	Состав, %	Ср. плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на изгиб, МПа	Теплопроводность, Вт/(мК)	Размеры, мм	Высота возводимого здания, эт
ЦСП	ПЦ -58 Древ. стружка - 30 Жидкое стекло - 1.5 Вода -9 Сульфат алюминия 1.5	1100-1400	7-12	0.26	Толщина 10, 16, 20, 24, 36 Ширина 1250 Длина 2700, 3200	До 3

Продолжение таблицы 1

Материал	Состав, %	Ср. плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на изгиб, МПа	Теплопроводность, Вт/(мК)	Размеры, мм	Высота возводимого здания эт
Green Board (GB 3)	Древесная шерсть -60 ПЦ -39.7 Жидкое стекло 0.3	1000-1400	12	0.17	Толщина 10, 12, 18, 22, 25 Ширина 600 Длина 2800, 3000	До 3
DURISOL	Щепы хвойных пород деревьев -90 ПЦ-9.8 Минералы- 0.2 вода	600	0.5	0.15	Толщина 150, 220, 300, 375 Ширина 250 Длина 500	До 12
VELOX	Древесная щепы -90 ПЦ с доб. сульфата алюминия -9 жидкое стекло -1	650-800	1.3-2.2	0.11-0.15	Толщина 25, 35, 50, 70, 100 Ширина 500, 550 Длина 2000	До 20

При использовании пенополистирольной опалубки теплоизолирующие свойства стенки повышаются при меньшей толщине монолитного слоя (таблица 2), но требуется защита от прямых солнечных лучей и поражения грызунами. Кроме того при горении пенополистирольная опалубка выделяет токсичные вещества.

Таблица 2 – Основные технические показатели пенополистирольной опалубки

Система	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м*К)	добавки против грызунов	добавки против возгорания
PLASTBAU-3	15-50	0,038	+	+
ПСБ-С	15-50	0,038	+	+

Опалубка «ПЛАСТБАУ-3» изготавливается из пенополистирола, арматурных каркасов и сетки на оборудовании фирмы PLASTEDIL (Швейцария). «ПЛАСТБАУ-3» обладает хорошими теплоизоляционными свойствами (таблица 2), легкая и простая в обработке, быстро монтируется, не требует для своей установки тяжелых строительных механизмов и малотрудоемкие при сборке. Пенополистирол ПСБ-С - это листовой утеплитель белого цвета. Представляет собой спелкшиес под воздействием высокой температуры гранулы 2-5 мм. Достоинства ПСБ-С: низкие водопоглощение, паропроницаемость и теплопроводность, экономичность. Недостатком стен в несъемной пенополистирольной опалубке является не всегда благоприятный температурно влажностный режим эксплуатации в зимний период, связанный с возможностью образования конденсата на границе с внутренним слоем пенополистирола.

К третьей группе несъемной опалубки относится Eurobau, где в качестве материала используется бетон и керамзитобетон. 80% конструкций изготавливается на производстве, на площадке остается только собрать элементы как в чертежах. Такая опалубка эффективна для постройки цокольных этажей,

так как обладает хорошей гидроизоляцией. Монтажные работы ведутся в любое время года и не зависят от погоды. Поверхность готова к финишной отделке.

Проанализировав все виды несъемной опалубки, можно выделить основные достоинства таких систем: сокращение на 20-30% трудоемкости и продолжительности возведения стен, что позволяет значительно снизить себестоимость строительно-монтажных работ. Это делает такие системы привлекательными для строительства экономичных энергоэффективных зданий, в особенности малоэтажного жилья. При этом надо отметить и следующие недостатки: малая изученность таких конструкций, существует проблема обеспечения совместной работы различных несущих слоев, в т.ч за счет недостаточной адгезии контактной поверхности, и др.

В современной практике на основе опыта и теплофизических исследований было установлено, что в многослойных конструкциях не учитывается в достаточной мере факт значительного снижения эксплуатационных характеристик стен выполненных из композитных материалов. Материалы имеют различные физико-механические свойства, начиная с различных коэффициентов расширения и усадки, различия в прочности на сжатие и растяжение, разные характеристики износа в ходе эксплуатации каждого из композитов в отдельности, вплоть до разных коэффициентов воздухо- и паропроницаемости.

Поэтому, несмотря на большое разнообразие современных типов теплоэффективных стен жилых зданий, проблему рациональной их конструкции и технологии возведения на сегодняшний день нельзя считать окончательно решенной.

#### Список цитированных источников

1. Зарубина Л.П. теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии 2-е изд. – Спб.: БХВ-Петербург, 2013. –416 с.
2. <http://www.tep-doma.ru/>
3. <http://www.texnoblok.com/>

УДК 621.92.001.891.57:744

*Павлючик А.В., Онищук С.В.*

*Научный руководитель: старший преподаватель Омесь Д.В.*

## КИНЕТИЧЕСКАЯ СКУЛЬПТУРА В КОМПАС 3D

**Кинетическое искусство** (от греческого *kinetikos* – движение, приводящий в движение) – направление в современном искусстве, обыгрывающее эффекты реального движения всего произведения или отдельных его составляющих [1]. Такой вид искусства основывается на представлении о том, что с помощью света и движения можно создать произведение искусства. Объекты представляют собой движущиеся установки, производящие при перемещении интересные сочетания света и тени, иногда звучащие. Это тщательно сконструированные устройства из металла, стекла или других материалов. В кинетическом искусстве движение вводится по-разному: некоторые произведения динамически преобразуются самим зрителем, другие – колебаниями воздушной среды, а третьи приводятся в движение мотором или электромагнитными силами.