

## ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

УДК 691.421.2

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, М. В. ЛАПАТА, главный инженер ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ», А. В. ГЕРАЩЕНКО, инженер, г. Гомель*

### РАЗРАБОТКА СТЕНОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ С ПОВЫШЕННЫМ ТЕРМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ – ОСНОВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Рассмотрены основные типы конструкций стеновых ограждений каркасных зданий. Показана недостаточность толщины существующих стеновых ограждений каркасных зданий с защитной облицовкой кирпичом для обеспечения требуемого значения сопротивления теплопередаче. Проанализированы существенные конструктивные недостатки применяемых стеновых ограждений. Предложена конструкция стенового ограждения для многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий на основе применения блока стенового трехслойного с гибкими связями. Приведены физико-механические характеристики предлагаемого блока. Выполнено сравнение применения кладок из блоков ПГС и блока стенового трехслойного с гибкими связями на примере проекта одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома.

**Введение.** Одной из основных задач, сформулированных в концепции развития строительного комплекса Республики Беларусь на 2011–2020 гг., является строительство энергоэффективных жилых домов, объемы которого к 2015 г. намечено довести до 6 млн м<sup>2</sup>, что составит около 60 % от общей площади вводимых зданий. 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. В глобальном масштабе – это один из способов оптимизации топливно-экономического баланса страны, поскольку на отопление и горячее водоснабжение жилого фонда Республика Беларусь потребляет около 35–40 % энергоресурсов страны.

Наиболее эффективными мероприятиями для снижения потребления тепловой энергии в жилых зданиях являются: повышение термического сопротивления ограждающих конструкций вновь возводимых и эксплуатируемых зданий, установка энергоэффективных окон, утилизация тепла вентиляционных выбросов и сточных вод. Среди перечисленных мероприятий применение новых типов ограждающих конструкций с повышенным термическим сопротивлением как технически, так и экономически является приоритетным. Поэтому производство новых отечественных стеновых материалов с повышенными теплоизоляционными свойствами, разработка новых конструктивных систем тепловой изоляции зданий – одна из основных задач энергоэффективного строительства. Она усложняется тем, что с учетом введенных в республике в 2010 г. в действие изменений в нормы проектирования [1] термическое сопротивление ограждающих конструкций должно составлять не менее 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Ужесточение требований к термическому сопротивлению наружных ограждающих конструк-

ций обусловило интенсивное строительство в Беларуси многоэтажных жилых зданий с такими архитектурно-конструктивно-технологическими системами, как каркасные (сборно-монолитные, монолитные) и стеновые (поперечно-стеновые, продольно-стеновые, перекрестно-стеновые), позволяющими снять нагрузку с наружных стен, сделать их поэтажно навесными или поэтажно опертыми. Это дало возможность выполнять наружные стены с повышенным термическим сопротивлением.

**Основная часть.** В Беларуси стеновое ограждение каркасных зданий, как правило, выполняется в виде одно- или двухслойной кладки, поэтажно опирающейся на диски перекрытий. Кладка однослойных стен обычно ведется из ячеистобетонных 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 [2].

На рисунках 1 и 2 приведены традиционно применяемые в Республике Беларусь схемы стенового ограждения каркасных зданий с защитной облицовкой кирпичом. В соответствии с типовой серией, принятой в нашей стране, стеновое ограждение толщиной 500 мм, выполненное из газосиликатных блоков плотностью D400, должно обеспечивать для условий эксплуатации «Б» сопротивление теплопередаче 3,68 м<sup>2</sup>·°С/Вт. Однако расчеты с учетом типичных теплопроводных включений, характерных для данной конструкции стены, дают значительно более низкие значения сопротивления теплопередаче [3]. То есть здание с такими стенами не соответствует современным требованиям по теплозащите. Кроме того, приведенные на рисунке 1 конструктивные решения стенового ограждения обладают рядом существенных конструктивных недостатков [4–7].

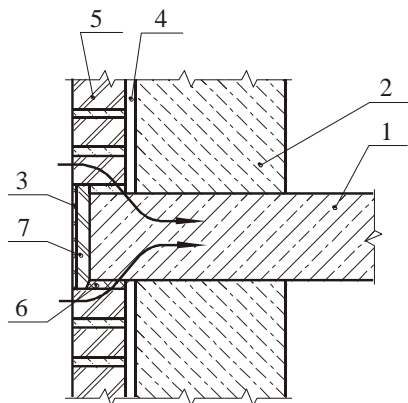


Рисунок 1 – Вариант сопряжения лицевого слоя с плитой перекрытия:

- 1 – железобетонная панель перекрытия; 2 – внутренний слой;  
3 – утеплитель; 4 – воздушный зазор; 5 – лицевой кирпичный слой;  
6 – деформационная прокладка; 7 – керамическая плитка

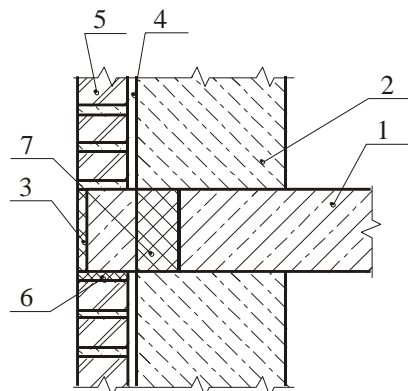


Рисунок 2 – Вариант сопряжения лицевого слоя с плитой перекрытия:

- 1 – железобетонная панель перекрытия; 2 – внутренний слой;  
3 – утеплитель; 4 – воздушный зазор; 5 – лицевой кирпичный слой;  
6 – деформационная прокладка; 7 – вкладыши из пенополистирола

Прежде всего, они не обеспечивают непрерывности термоизолирующего слоя по всей высоте. Выходящие на контакт с наружным воздухом диски перекрытий являются мостиками холода, которые «обеспечивают» теплопотери стен более 20 %, приводят к образованию конденсата на поверхности стен внутри помещений, являясь причиной развития плесени и грибов, отдельные виды которых имеют канцерогенный характер [2]. Декоративная облицовка торцов плит перекрытия керамической плиткой или пиленным кирпичом неэффективна – из-за разности температур расширения керамики и бетона плитка и кирпич начинают отпадать уже в первые годы эксплуатации. Снижение теплопотерь путем облицовки торцов перекрытий пенополистиролом небольшой толщины является недостаточным, так как потоки тепла не перекрываются полностью (стрелки на рисунке 1). Применение с целью устранения этого недостатка термоизолирующих вкладышей, выполняемых в краевой части перекрытий методом сквозной перфорации, малоэффективно. Согласно тепловизионным съемкам, проводимым в феврале – марте, по плите перекрытия имеет место температурный пробой, который усиливается за счет влаги, скапливающейся за зи-

му в утеплителе и воздушном зазоре [2]. Это может быть причиной массивного льдообразования во внутреннем объеме конструкции со всеми вытекающими последствиями. Кроме того, термовкладыши из хрупкого пенополистирола, особенно при некачественной их установке, контактируют с рабочей продольной и поперечной арматурой плиты, защитный слой бетона которой обычно имеет недостаточную толщину. При соприкосновении арматуры с конденсатом, скапливающимся в зоне термовкладышей, а также попадающей атмосферной влагой возникает коррозия стальной арматуры. Железобетонное сечение консолей с такой арматурой не может отвечать требованиям надежности. При образовании коррозионных трещин в консолях, которые сопровождаются многократными циклами замораживания-оттаивания, разрушительные процессы могут иметь лавинообразный характер [5]. Все эти недостатки в полной мере присущи и однослойному стеновому ограждению.

Применение для облицовки пустотелого кирпича (по сравнению с полнотелым) практически не оказывает влияния на повышение теплозащитных свойств стенового ограждения, более того, нерациональное расположение пустот создает в облицовочном слое стены участки с пониженными теплозащитными свойствами и повышенной паропроницаемостью. Это способствует концентрации влаги на внутренней поверхности лицевого слоя, что приводит к его переувлажнению и преждевременному разрушению [4].

Из анализа конструктивных решений стенового ограждения каркасных зданий авторы [2] делают вывод о том, что наиболее эффективными с точки зрения сопротивления теплопередаче являются слоистые конструкции, в которых утеплитель расположен непрерывно по всей площади стены. Данные конструктивные системы имеют высокий коэффициент теплотехнической однородности. Слой утеплителя может находиться внутри стены за защитно-декоративной облицовкой из кирпича и вентилируемой воздушной прослойкой или снаружи с защитой клеевым составом и декоративной штукатуркой. Последнее решение стенового ограждения имеет один существенный недостаток – низкую долговечность защитно-декоративного покрытия, поэтому его преимущественно следует применять в малоэтажном строительстве. Для энергоэффективных зданий повышенной этажности стеновое ограждение целесообразно выполнять в виде вентилируемой слоистой кладки с защитно-декоративной облицовкой из кирпича или других мелкоштучных материалов.

Одним из типов современных конструкций ограждений многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися

на диски перекрытий, является предлагаемая авторами А. В. Геращенко и А. А. Васильевым конструкция из штучных стеновых материалов на основе применения блока стенового трехслойного с гибкими связями [8]. Блок представляет собой трехслойную конструкцию (рисунок 3), в которой несущие слои выполнены из дисперсно-армированного бетона (стеклофибробетона), а теплоизолирующий слой – из пеностекла. Наружный и внутренний слои соединяются системой гибких связей, выполняемых из стеклотканевой сетки.



Рисунок 3 – Общий вид блока стенового трехслойного с гибкими связями

По результатам предварительных испытаний получены следующие характеристики блока:

Габаритные размеры	–	280×360×220 (h)
Термическое сопротивление блока	–	не менее 3,5 м <sup>2</sup> ·°С/Вт
Водонепроницаемость	–	не ниже W8
Огнестойкость	–	негорючий
Морозостойкость	–	не менее 250 циклов
Предел прочности на сжатие	–	не ниже 1,0 МПа
Масса блока	–	не более 10,5 кг

Применение таких материалов для ограждающей конструкции оптимально, поскольку стеклофибробетон по сравнению с традиционным железобетоном обладает существенными техническими преимуществами: повышенной трещиностойкостью, ударной прочностью, вязкостью разрушения, износо- и морозостойкостью, пониженными усадкой и ползучестью, возможностью использования в тонкостенных конструкциях без стержневой или сетчатой распределительной и поперечной арматуры, снижением трудозатрат, повышением степени механизации и автоматизации производства изделий. Пеностекло, в свою очередь, является универсальным теплоизоляционным материалом с присущими только ему уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами: широчайшим температурным диапазоном применения,

абсолютной непроницаемостью для воды, абсолютной негорючестью, стабильностью размеров (отсутствием усадки), стойкостью к агрессивным средам, в том числе к кислотам, высокими прочностными показателями, экологической чистотой.

Оригинально соединенные в единое целое, эти материалы представляют собой уникальную конструкцию, сочетающую в себе лучшие свойства каждого материала в отдельности.

Для оценки возможности использования предлагаемого блока стенового трехслойного с гибкими связями выполним сравнение применения его и наиболее часто используемых для возведения конструкций ограждения блоков ПГС при разработке проекта одноподъездного восемнадцатиэтажного монолитного жилого дома на основе проекта ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ». При использовании блоков ПГС (плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>) кладка выполняется двухслойной (300+250 мм) с толщиной швов 3 мм (рисунок 4). Таким образом, ее толщина составляет 553 мм. Кладка из предлагаемых блоков стеновых трехслойных с гибкими связями – однослойная на тонких растворных швах (рисунок 5), ее толщина равна толщине блока и составляет 280 мм. Обе конструкции позволяют обеспечить требуемое значение сопротивления теплопередаче (3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт).

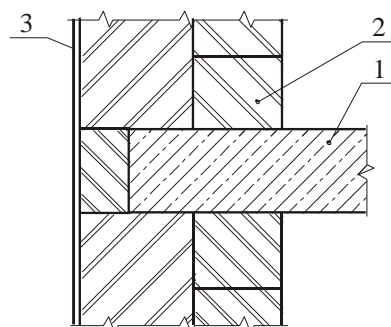


Рисунок 4 – Конструкция стенового ограждения многоэтажного жилого здания из блоков ПГС проекта ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ»:

1 – железобетонная панель перекрытия; 2 – кладка из блоков ПГС на тонких растворных швах; 3 – отделочные слои

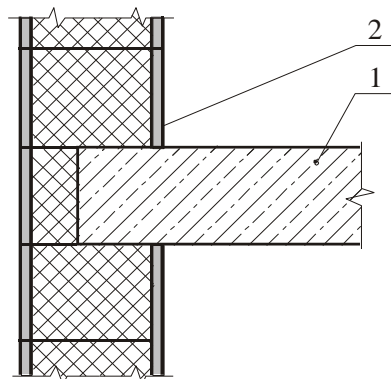


Рисунок 5 – Конструкция стенового ограждения многоэтажного жилого здания с использованием

блоков стеновых трехслойных с гибкими связями: 1 – железобетонная панель перекрытия; 2 – кладка из блоков стеновых трехслойных с гибкими связями на тонких растворных швах

С учетом уменьшения толщины ограждения практически в два раза возможны два варианта выполнения ограждающей конструкции: первый – с сохранением внутреннего контура (рисунок 6), второй – с сохранением внешнего контура (рисунок 7).

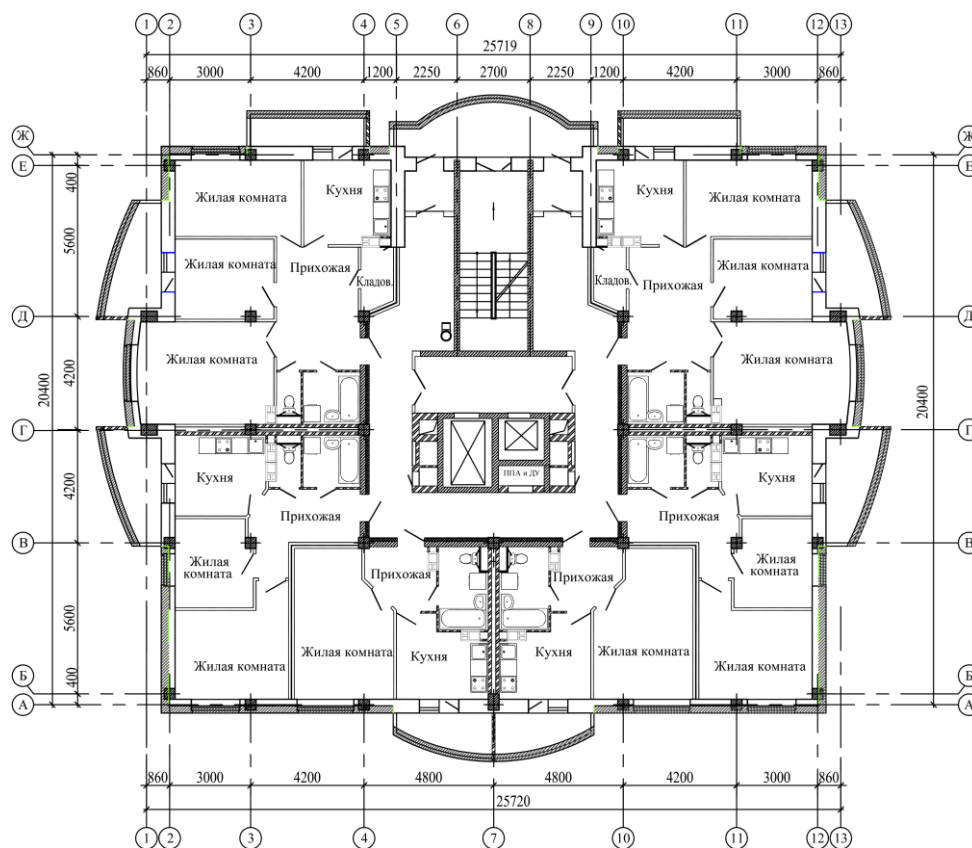


Рисунок 6 – Поэтажный план одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома проекта ОКУП «ГОМЕЛЬ-ГРАЖДАНПРОЕКТ» с использованием блоков стеновых с сохранением внутреннего контура здания

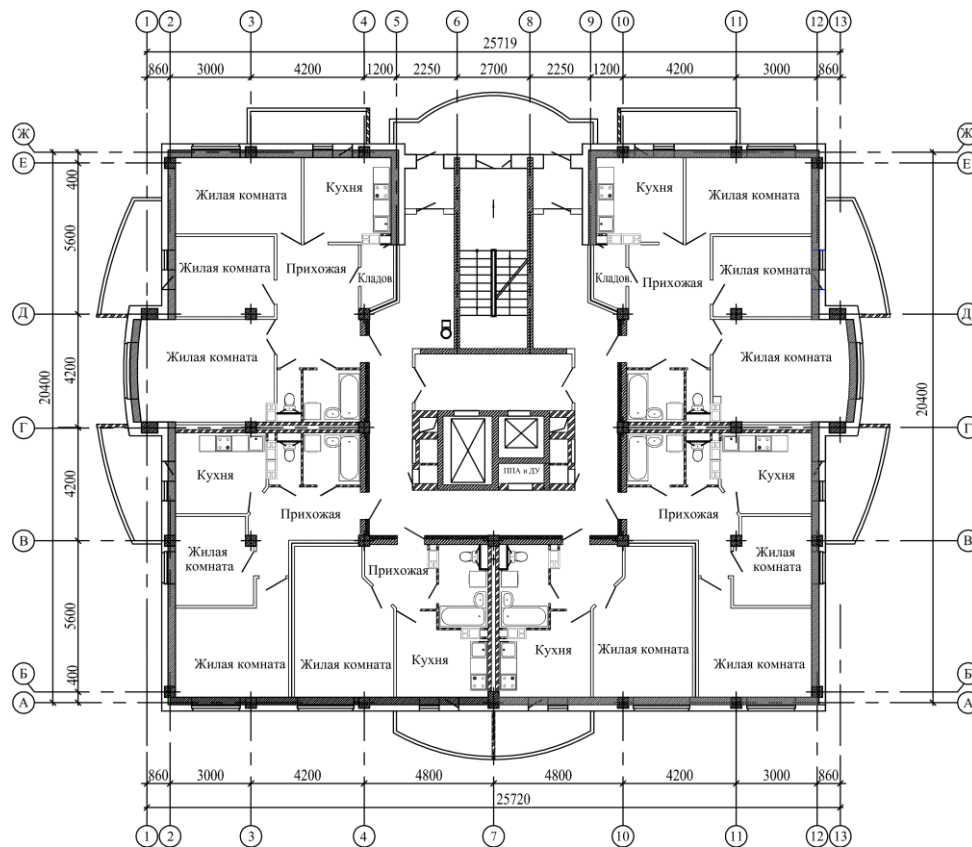


Рисунок 7 – Поэтажный план одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома проекта ОКУП «ГОМЕЛЬ-ГРАЖДАНПРОЕКТ» с использованием блоков стеновых с сохранением наружного контура здания

На обоих планах (см. рисунки 6 и 7) заштрихованной областью показан контур здания.

В первом варианте уменьшается площадь монолитной плиты перекрытия на 24,9 м<sup>2</sup>, соответственно объем бетона в уровне перекрытия – на 5,0 м<sup>3</sup> и его масса – на 12,5 т. Во втором варианте в уровне одного этажа увеличивается общая площадь квартир на 22,3 м<sup>2</sup>.

В обоих вариантах при применении блока стенового трехслойного с гибкими связями объем кладки наружных стен в уровне одного этажа уменьшается на 40 м<sup>3</sup>. Соответственно нагрузка от наружных стен для одного этажа уменьшается на 24,0 т. Таким образом, использование блока стенового трехслойного с гибкими связями позволяет значительно уменьшить стоимость не только возведения наружных стен, но и за счет существенно уменьшения объема и массы несущих конструкций – стоимость всего здания в целом.

Кроме того, необходимо отметить, что выполнение двухслойной кладки из пеногазосиликатных блоков достаточно трудоемко (для обеспечения необходимой толщины ограждения нужно выполнять дополнительную распиловку блоков) и сложно контролируемо (устройство швов в двухслойной конструкции), требует дополнительных отделочных работ, что также отрицательно сказывается на трудоемкости и стоимости строительства. Кроме того, на участках прохождения колонн очень сложно обеспечить их защиту от атмосферных воздействий.

Помимо вышеперечисленных, необходимо отметить ряд дополнительных качеств, позволяющих эффективно эксплуатировать данные блоки: возможность выполнения фасадной стороны блока с декоративной отделкой в заводских условиях, повышенную коррозионную стойкость и, как следствие, значительную долговечность. Кроме того, предлагаемая авторами конструкция, в основе выполнения которой лежит трехслойная панель, позволяет изготавливать блоки различных размеров и конфигураций в зависимости от проектного решения.

**Заключение.** Строительство энергоэффективных зданий в Республике Беларусь – один из способов оптимизации топливно-энергетического баланса страны. Однако оно невыполнимо без разра-

ботки новых конструктивных решений стеновых ограждений с повышенным термическим сопротивлением, основанных на применении стеновых материалов с высокими теплоизоляционными свойствами, стойких к атмосферным воздействиям, долговечных и экономичных.

Предлагаемый блок стеновой трехслойный с гибкими связями позволяет проектировать стеновые ограждения для энергоэффективных зданий с поэтажно опирающимися на диски перекрытий наружными стенами, отвечающие всем современным нормативным требованиям не только в удовлетворении требуемых теплотехнических свойств, но и в обеспечении необходимой коррозионной стойкости и долговечности, обеспечивая зданиям выразительный архитектурный облик весь срок эксплуатации. При этом значительно снижается стоимость возведения (по сравнению с существующими) не только ограждающих конструкций, но и зданий в целом.

#### Список литературы

- 1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Строительная теплотехника. Изменение № 1. – Введ. 07.01.2009. – 3 с.
- 2 **Деркач, В. Н.** Об энергоэффективности наружного стенового ограждения каркасных зданий / В. Н. Деркач, А. Я. Найчук // Архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 22–25.
- 3 **Горшков, А. С.** Пути повышения энергоэффективности ограждающих конструкций зданий / А. С. Горшков, И. А. Войков // Сборник трудов II Всероссийской конференции «Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций». – СПб., 2009. – С. 45–48.
- 4 **Ищук, М. К.** Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки / М. К. Ищук. – М. : РИФ «Стройматериалы», 2009. – 360 с.
- 5 **Лобов, О. И.** Долговечность наружных стен современных многоэтажных зданий / О. И. Лобов, А. И. Ананьев // Жилищное строительство. – 2008. – № 8. – С. 48–52.
- 6 **Гроздов, В. Т.** О недостатках существующих проектных решений наружных навесных стен в многоэтажных монолитных железобетонных зданиях / В. Т. Гроздов // Дефекты зданий и сооружений. – СПб. : БИТУ, 2006. – С. 15–21.
- 7 **Орлович, Р. Б.** Отечественные и зарубежные технические решения по наружному стеновому ограждению высотных зданий / Р. Б. Орлович, А. Я. Найчук, В. Н. Деркач // Архитектура, дизайн и строительство. – 2009. – № 3. – 4 [43]. – С. 56–57.
- 8 **Васильев А. А.** Энергоэффективная конструкция ограждения многоэтажного жилого здания / А. А. Васильев // Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев : ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2011. – № 1 (26). – С. 89–93.

Получено 12.04.2011

**A. A. Vasilyev, M. V. Lapata, A. V. Gerashchenko.** Development of wall barriers with upgraded thermal resistance – the basis of energy efficient construction.

There were considered the main types of constructions of frame building wall barriers. It is shown the thickness inadequacy of existing wall barriers of frame buildings with protecting brick facing for necessary value of resistance for heat transfer. There were analyzed substantial constructive drawbacks of used wall barriers. There was offered the wall barrier construction for multistoried energy efficient buildings with external walls which rest on floor disks on the basis of three layer wall block with flexible ties. Physical and chemical characteristics of the block are given. It is made the comparison of the use of the masonry from PGS (foam gas silicate) blocks and three layer wall blocks with flexible ties on the example of the project of the one entrance eighteen storied monolithic residential house.