

УДК 624.072.21.7

DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2019.41.19-28>

А.А. Васильев,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-1026-6999

О.В. Козунова,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-2048-9213

Белорусский государственный университет транспорта.

И.А. Скрипченко,

старший научный сотрудник

ORCID: 0000-0002-1388-9502

ГУ «Белорусский институт системного анализа

и информационного обеспечения

научно-технической сферы»

СОВРЕМЕННОЕ СТЕНОВОЕ ОГРАЖДЕНИЕ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ КАРКАСНОГО ТИПА

Рассмотрен один из типов современных конструкций ограждений многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий, из штучных стеновых материалов на основе применения композиционного стенового блока на гибких связях, который представляет собой трехслойную конструкцию, несущие слои которой выполнены из стеклофибробетона, а теплоизолирующий слой – из пеностекла. Несущие слои соединяются системой гибких связей, выполняемых из стеклотканевой сетки.

Для оценки возможности использования предлагаемого блока стенового было выполнено сравнение применения его и наиболее часто используемых для возведения конструкций ограждения блоков ПГС при разработке проекта одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома на основе проекта ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ». Определено, что использование блока стенового трехслойного с гибкими связями позволяет значительно уменьшить стоимость не только возведения наружного ограждения, но и за счет существенного уменьшения объема и массы несущих конструкций – стоимость всего здания в целом.

Моделирование композиционного стенового блока выполняли с использованием компьютерной программы ANSYS позволило выявить значительный запас по несущей способности при использовании блока в ограждении зданий с поэтажно опирающимися перекрытиями, что позволяет использовать его при незначительном увеличении толщины внутренней обкладки (с развитием ее в опорной зоне элементов перекрытия) в малоэтажном (индивидуальном) строительстве

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 при сохранении всех необходимых технических и эксплуатационных характеристик. Кроме того, универсальность его конструкции позволяет использовать ее в качестве ограждения на этаж (панель), а при незначительном изменении – в качестве несущего элемента для малоэтажного строительства.

Ключевые слова: *энергоэффективность, стеновое ограждение, блок стеновой трехслойный.*

Введение. При возведении новых современных зданий определяющим для повышения их энергоэффективности, является применение современных эффективных теплоизолирующих материалов, обеспечивающих не только необходимое значение сопротивления теплопередаче конструкции ограждения, но и высокие прочностные свойства, архитектурную выразительность, требуемую долговечность при минимальных производственных, строительных и эксплуатационных затратах. Поэтому производство рациональных стеновых материалов с повышенными теплоизоляционными свойствами, а также, разработка новых конструктивных систем тепловой изоляции зданий – одна из основных и самых актуальных задач сегодняшнего дня современного строительства, в том числе энергоэффективного строительства. Это тем более актуально, что существующие на сегодняшний день стеновые ограждение каркасных зданий, как правило, выполняющиеся в виде одно- или двухслойной кладки, поэтажно опирающейся на диски перекрытий, обладают рядом существенных конструктивных недостатков [1–3].

Изложение основного материала. Одним из типов современных конструкций ограждений многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий, является конструкция из штучных стеновых материалов на основе применения композиционного стенового блока на гибких связях [4]. Он представляет собой трехслойную конструкцию (рис. 1), несущие слои которой выполнены из стеклофибробетона, а теплоизолирующий слой – из пеностекла. Несущие слои соединяются системой гибких связей, выполняемых из стеклотканевой сетки [5].



Рис. 1. Общий вид блока стенового трехслойного с гибкими связями

НИЛ «Строительные конструкции, основания и фундаменты» им. д.т.н., проф. И. А. Кудрявцева УО «БелГУТ» (Республика Беларусь) были проведены испытания стеновых блоков для определения их основных физико-механических характеристик. Получены следующие показатели:

Термическое сопротивление блока	—	не менее 3,5 м ² °C/Вт
Водонепроницаемость	—	не ниже W12
Огнестойкость	—	Негорючий
Морозостойкость	—	не менее 250 циклов
Предел прочности на сжатие	—	не ниже 1,0 МПа
Масса блока	—	не более 11,5 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 [4].

Оценка применения блока стенового трехслойного. Для оценки возможности использования предлагаемого блока стенового было выполнено сравнение применения его и наиболее часто используемых для возведения конструкций ограждения блоков ПГС при разработке проекта одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома на основе проекта ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ». При использовании блоков ПГС (плотностью 500 кг/м³) кладка выполняется двухслойной (300+250 мм) с толщиной швов 3 мм (рис. 1). Кладка из предлагаемых блоков стеновых трехслойных с гибкими связями – однослойная на тонких растворных швах (рис. 2), ее толщина равна толщине блока и составляет 280 мм. Обе конструкции позволяют обеспечить требуемое значение сопротивления теплопередаче (3,2 м²·°C/Вт) [6].

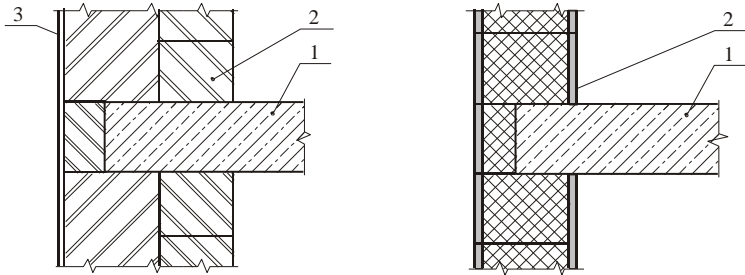


Рис. 2. Конструкція стенового огороження багатоэтажного жилого здания:
 1 – железобетонная панель перекрытия; 1 – железобетонная панель перекрытия;
 2 – кладка из блоков ПГС на тонких 2 – кладка из блоков стеновых
 растворных швах; трехслойных с гибкими связями на тонких
 3 – отделочные слои растворных швах

С учетом уменьшения толщины ограждения практически в два раза возможны два варианта выполнения ограждающей конструкции: с сохранением внутреннего контура (рис. 3), с сохранением внешнего контура (рис. 4).

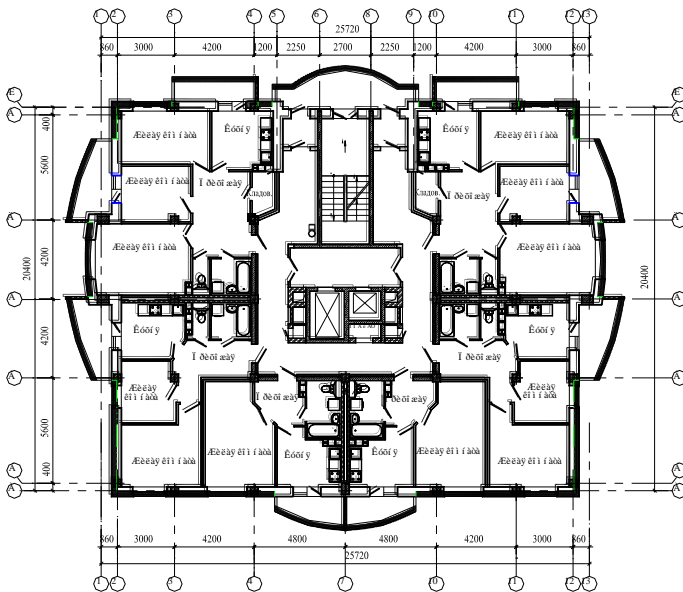


Рис. 3. Поэтажный план одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома с использованием блоков стеновых с сохранением внутреннего контура здания

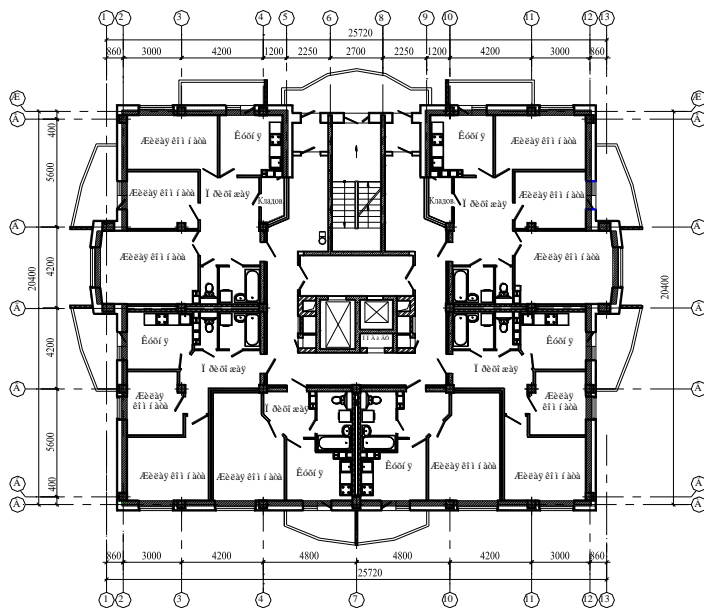


Рис. 4. Поэтажный план одноподъездного восемнадцатизэтажного монолитного жилого дома с использованием блоков стеновых с сохранением наружного контура здания

На обоих планах (см. рис. 3 и 4) заштрихованной областью показан контур здания. В первом варианте уменьшается площадь монолитной плиты перекрытия на $24,9 \text{ м}^2$, соответственно объем бетона в уровне перекрытия – на $5,0 \text{ м}^3$ и его масса – на $12,5 \text{ т}$. Во втором варианте в уровне одного этажа увеличивается общая площадь квартир на $22,3 \text{ м}^3$. В обоих вариантах при применении блока стенового трехслойного с гибкими связями объем кладки наружных стен в уровне одного этажа уменьшается на 40 м^3 . Соответственно нагрузка от наружных стен для одного этажа уменьшается на $24,0 \text{ т}$.

Сравнение стоимости и трудоемкости возведения здания на примере проекта 267.08 «106 кв. жилой дом по улице Строителей, 18/14 в г. Бобруйске» показало, что экономия при возведении здания из блоков стеновых трехслойных ориентировочно эквивалентна – $250 \text{ тыс. долларов}$ (по курсу Национального Банка Беларуси на период сравнения).

Таким образом, использование блока стенового трехслойного с гибкими связями позволяет значительно уменьшить стоимость не только возведения наружного ограждения, но и за счет существенного уменьшения объема и массы несущих конструкций – стоимость всего здания в целом [7]. Кроме того, необходимо отметить, что выполнение двухслойной кладки из блоков ПГС более трудоемко и сложно контролируемо (устройство швов в двухслойной

конструкції), требует дополнительных отделочных работ, что также, отрицательно, сказывается на трудоемкости и стоимости строительства.

Помимо вышеперечисленных, блоки стеновые трехслойные обладают рядом дополнительных качеств, позволяющих их эффективно эксплуатировать: возможностью выполнения фасадной стороны блока с декоративной отделкой в заводских условиях, повышенной коррозионной стойкостью и, как следствие, – значительной долговечностью. Кроме того, предлагаемая авторами [5] конструкция, в основе выполнения которой лежит трехслойная панель, позволяет изготавливать блоки различных размеров и конфигураций в зависимости от проектного решения.

Расчет стенового блока на гибких связях. Для расчета блока стенового трехслойного использовали вариационно-разностный метод, имеющий практическое применение в расчетах балок, балочных плит и приближенных к ним расчетных моделей упругих элементов конструкций на упругом, в том числе и искусственном основании. Трехслойный стеновой блок моделировали совокупностью вертикальных упругих слоев (УС) конечных размеров с постоянными параметрами упругости (рис. 5). Рассматривали композиционный стеновой блок шириной b на искусственном основании под действием сжимающей на-грузки, распределенной вдоль верхней грани несущего слоя. На расчетной модели (см. рис. 5) распределенную нагрузку q собирали в систему узловых сосредоточенных сил общим значением F . При расчете слоистую упругую конструкцию заменяли прямоугольной расчетной областью метода конечных разностей (МКР).

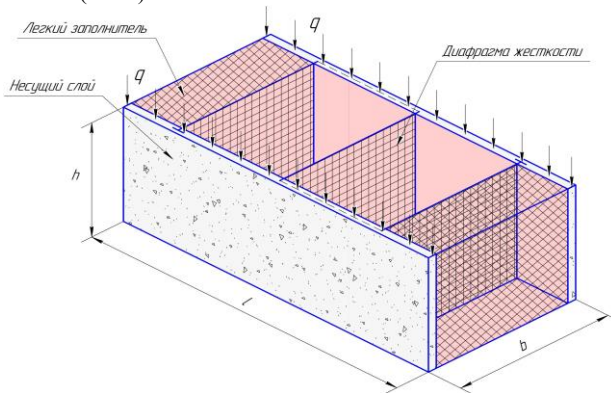


Рис. 5. Расчетная модель композиционного стенового блока на гибких связях

Композиционный блок аппроксимировали равномерной симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом вдоль оси X – Δx и вдоль оси Y – Δy (рис. 6).

В результате было получено 159 i -тых узловых и 140 j -тых сеточных ячеек. За неизвестные принимали: $u_i(x), v_i(y)$ – компоненты вектора перемещения i -той узловой точки блока. Граничными условиями задачи поставили следующие: на нижних границах принятой расчетной области перемещения $u = 0, v = 0$ (см. рис. 6).

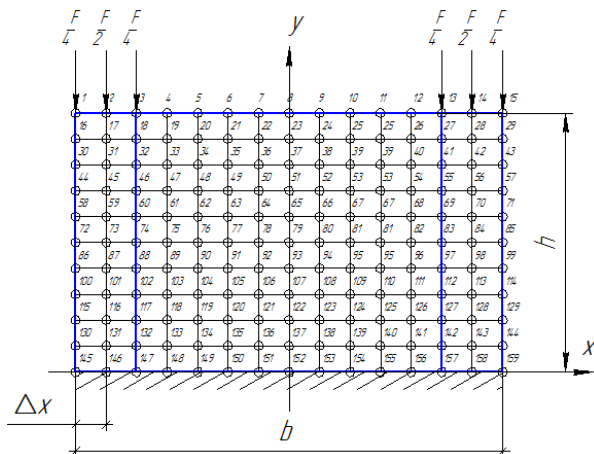


Рис. 6. Разбивочная

сетка расчетной области. В результате линейного расчета определяли параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) композиционного стенового блока: распределение вертикальных и горизонтальных перемещений узловых точек расчетной области блока; распределение вертикальных и эквивалентных напряжений в центрах ячеек расчетной области блока. Выполняли построение эпюр суммарных прогибов и напряжений в несущем слое стенового блока.

Моделирование композиционного стенового блока выполняли с использованием компьютерной программы ANSYS. Конечным этапом линейного расчета композиционного стенового блока явился вывод результатов в графическом и численном видах, отдельные из которых приведены на рис. 7, 8.

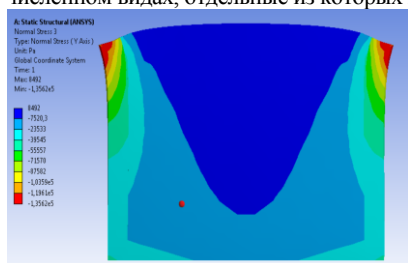


Рис. 7. Деформированное состояние стенового блока

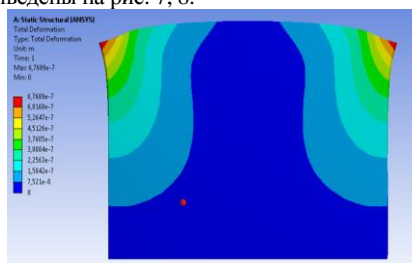


Рис. 8. Напряженное состояние стенового блока

Максимальное значение прогибов несущего слоя стенового блока, полученное в результате линейного расчета с использованием ВРП [8], составило $-3,12 \cdot 10^{-7}$ м, максимальное значение напряжений в несущем слое стенового блока – 34,4 кПа. Полученные данные показывают на значительный запас по несущей способности при использовании блока в ограждении зданий с поэтажно опертыми перекрытиями, что позволяет использовать его при незначительном увеличении толщины внутренней обкладки (с развитием ее в опорной зоне элементов перекрытия) в малоэтажном (индивидуальном) строительстве.

Заключение. Предлагаемый блок стеновой трехслойной 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 при сохранении всех необходимых технических и эксплуатационных характеристик. Кроме того, универсальность его конструкции позволяет использовать ее в качестве ограждения на этаж (панель), а при незначительном изменении – в качестве несущего элемента для малоэтажного строительства.

Список литературы:

- 1 Деркач В.Н. Об энергоэффективности наружного стенового ограждения каркасных зданий / В.Н. Деркач, А.Я. Найчук // Архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 22–25.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 Васильев А.А. Новый материал для конструкций стеновых ограждений энергоэффективных зданий / А.А. Васильев // Научно-технический журнал «Строительная наука и техника» – 2011 – №4 (37) – 114 с – С. 17–20.
- 5 Патент на полезную модель ВУ 7498 Блок стеновой трехслойной с гибкими связями / А.В. Герашенко, А.А. Васильев. – Оpubл. – 19.01.2011.
- 6 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Строительная теплотехника. Изменение № 1. – Введ. 07.01.2009. – 3 с.
- 7 Васильев А.А. Разработка стеновых ограждений с повышенным термическим сопротивлением – основа энергоэффективного строительства / А.А. Васильев, М.В. Лапата, А.В. Герашенко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – Гомель: БелГУТ, 2011. – №1 (22). – С.98 – 102.
- 8 Васильев А.А. Расчеты на прочность композиционных элементов ограждающих конструкций энергоэффективных зданий вариационно-разностным методом / А.А. Васильев, О.В. Козунова // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – Гомель: БелГУТ, 2017. – №2 (35). – С.56 – 60.

References

1. Derkach, V.N. & Najchuk, A.Ya. (2011). Ob energoeffektivnosti naruzhnogo stenovogo ograzhd-deniy karkasnyh zdaniy. Arhitektura i stro-itel'stvo. № 1. 22–25.
2. Gorshkov, A.S. & Vojkov, I.A. (2009). Puti povysheniya energoeffektivnosti ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy. *Sbornik trudov II Vse-rossijskoj konferencii «Stroitel'naya teplofizika i energoeffektivnoe proektirovanie ograzhdayushchih konstrukcij»*. 45–48.

3. Orlovich, R.B., Najchuk, A.Ya., Derkach V.N. (2009). Otechestvennyye i zarubezhnyye tekhnicheskie resheniya po naruzhnomu stenovomu ograzhdeniyu vysotnyh zdaniy. *Arhitektura, dizajn i stroitel'stvo*. 3. 4 [43], 56–57.
4. Vasil'ev, A.A. (2011). Novyj material dlya konstrukcij stenovyh ograzhdenij energoefektivnyh zdaniy. *Nauchno-tekhnicheskij zhurnal «Stroitel'naya nauka i tekhnika»*. 4 (37) 17–20.
5. Gerashchenko, A.V., Vasil'ev, A.A. (2011). Patent na poleznuyu model' BY 7498 Blok stenovoj trekhslonnoj s gibkimi svyazyami. Opubl. – 19.01.2011.
6. ТКР 45-2.04-43-2006(02250). (2009). Stroitel'naya teplotekhnika. Izmenenie № 1. – Vved. 07.01.2009.
7. Vasil'ev, A.A., Lapata, M.V. & Gerashchenko, A.V. (2011). Razrabotka stenovyh ograzhdenij s povyshennym ter-micheskim soprotivleniem – osnova energoefektivnogo stroitel'stva. *Vestnik BelGUTa: Nauka i trans-port*. – Gomel': BelGUT, 1 (22). 98 – 102.
8. Vasil'ev, A.A. & Kozunova, O.V. (2017). Raschety na prochnost' kompozicionnyh elementov ograzhdayushchih konstrukcij energoefektivnyh zdaniy variacionno-raznostnym mktodom. *Vestnik BelGUTa: Nauka i transport*. – Gomel': BelGUT, 2 (35). 56 – 60.

О.А. Васильев, О.В. Козунова, І.О. Скрипченко

Сучасне стінове огороження для енергоефективних будівель каркасного типу

Розглянуто один з типів сучасних конструкцій огорож багатопверхових енергоефективних будівель із зовнішнім стінами, по поверххах спираються на диски перекриттів, з штучних стінових матеріалів на основі застосування композиційного стінового блоку на гнучких зв'язках, котрий представляє собою тришарову конструкцію, несучі шари якої виконані з стеклофібробетона, а теплоізолюючий шар – з піноскла. Несучі шари з'єднуються системою гнучких зв'язків, які виконуються з склосітки.

Для оцінки можливості використання пропонованого блоку стінового було виконано порівняння застосування його і найбільш часто використовуваних для зведення конструкцій огорожі блоків ПГС при розробці проекту однопід'язного осемнадцятиетажного монолітного житлового будинку на основі проекту ОКУП «ГОМЕЛЬГРАЖДАНПРОЕКТ». Визначено, що використання блоку стінового тришарового з гнучкими зв'язками дозволяє значно зменшити вартість не тільки зведення зовнішнього огороження, але і за рахунок істотного зменшення обсягу і маси несучих конструкцій – вартість всієї будівлі в цілому.

Модельювання композиційного стінового блоку виконували з використанням комп'ютерної програми ANSYS дозволило виявити значний запас по несучій здатності при використанні блоку в огорожі будівель з поповерхово опертими перекриттями, що дозволяє використовувати його при незначному збільшенні товщини внутрішньої обкладки (з розвитком її в опорній зоні елементів перекриття) в малоповерховому (індивідуальному) будівництві

Пропонований блок стіновий тришаровий з гнучкими зв'язками дозволяє проектувати стінове огороження для енергоефективних будівель з поповерхово спираються на диски перекриттів зовнішніми стінами, що відповідають всім сучасним нормативним вимогам не тільки в задоволенні необхідних теплотехнічних властивостей, але і в забезпеченні необхідної корозійної стійкості і довговічності, забезпечуючи будівлям виразний архітектурний вигляд весь термін експлуатації. При цьому значно знижується вартість зведення (у порівнянні з існуючими) не тільки огорожувальних конструкцій, а й будівель в

цілому при збереженні всіх необхідних технічних і експлуатаційних характеристик. Крім того, універсальність його конструкції дозволяє використовувати її в якості огорожі на поверх (панель), а при незначній зміні - в якості несучого елемента для малоповерхового будівництва.

Ключові слова: енергоефективність, стінове огородження, блок стіновий тришаровий.

A.A. Vasil'ev, O.V. Kozunova, I.A. Skripchenko
Modern wall fencing for energy-efficient frame buildings

One of the types of modern fencing structures of multi-storey energy-efficient buildings with external walls, based on floor disks based on the use of a composite wall block with flexible ties, which is a three-layer structure, the bearing layers of which are made of fiberglass concrete, and a heat-insulating layer – from foam glass. The carrier layers are connected by a system of flexible connections made of fiberglass mesh.

To assess the feasibility of using the proposed wall block, a comparison was made of its use and the most frequently used for erecting fencing structures of ASG blocks in the development of a project of a single-entry eighteen-story monolithic residential building based on the project of Gomelgrazhdanproekt OKUP. It was determined that the use of a three-layer wall block with flexible connections can significantly reduce the cost of not only erecting an external fence, but also due to a significant reduction in the volume and mass of load-bearing structures – the cost of the entire building.

The composite wall block was simulated using the ANSYS computer program, which revealed a significant margin in bearing capacity when using the block in the enclosure of buildings with floor-supported floors, which allows it to be used with a slight increase in the thickness of the inner lining (with its development in the supporting zone of the ceiling elements) in low-rise (individual) construction

The proposed three-layer wall block with flexible connections allows you to design wall fencing for energy-efficient buildings with floor-mounted outer walls, which meet all modern regulatory requirements, not only in meeting the required heat engineering properties, but also in providing the necessary corrosion resistance and durability, providing buildings with expressive architectural appearance for the entire period of operation. At the same time, the cost of erection (compared to existing ones) is significantly reduced not only for building envelopes, but also for buildings as a whole, while maintaining all the necessary technical and operational characteristics. In addition, the versatility of its design allows you to use it as a fence on the floor (panel), and with a slight change - as a supporting element for low-rise construction.

Key words: energy efficiency, new generation, block of new trisharovy.

Посилання на статтю

APA: Vasylev, A.A., Kozunova, O.V. & Skrypchenko, Y.A. (2019). Sovremennoye stenovoye ograzhdeniye dlya energoeffektivnykh zdaniy karkasnogo tipa. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 41, 19 –28.

ДСТУ: Васильев А.А. Современное стеновое ограждение для энергоэффективных зданий каркасного типа [Текст] / А.А. Васильев, О.В. Козунова, И.А. Скрипченко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2019. – № 41. – С.19 – 28.