

УДК 691.3

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СТІНОВИХ ПАНЕЛЕЙ

КОЛОХОВ В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.МОРОЗ Л.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.ПЕРЧАНИК Н.Е.<sup>3</sup>, маг., м.н.с.

<sup>1</sup> Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24 а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: kolokhov\_dnepr@mail.ru

<sup>2</sup> Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24 а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-76, e-mail: linysek-slv@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24 а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-76

**Анотація. Мета.** Аналіз можливостей спрощення технології виготовлення стінового огороження випускається із збірних залізобетонних конструкцій з покращеними теплотехнічними характеристиками. **Основний матеріал.** Виконано зміна конструкції стінового огороження відповідно до зміни термічного опору останніх. Проведений аналіз відповідності температурних режимів конструктивним рішенням стінових панелей. Зміна нормативних вимог до термічного опору конструкцій зовнішніх стін супроводжується зміною конструктивних рішень стінового огороження. При цьому відбувається поступовий перехід до багатошарових конструкцій, що призводить до зниження загальної жорсткості конструкції і, отже, до зниження надійності і довговічності. Виробництво багатошаровій конструкції супроводжується збільшенням трудомісткості виготовлення і її вартості. Перехід від багатошарових стінових панелей до складових панелей дозволяє знизити трудомісткість і матеріаломісткість виробництва, підвищити жорсткість, як поперечного перерізу панелі, так і загальну жорсткість конструкції. Таке конструктивне рішення дозволить підвищити надійність і довговічність виробу і, крім того, забезпечить можливість підвищення термічного опору конструкцій під час подальшої модернізації будинку. Для виробничої реалізації необхідно внести зміни в технологічні рішення при випуск. **Наукова новизна.** Виконано аналіз конструктивних рішень стінової панелі в залежності від кліматичних факторів і нормативних вимог. **Практична значимість.** Запропоновано схемне рішення стінової панелі з підвищеною жорсткістю і з можливістю підвищення термічного опору конструкцій під час подальшої модернізації будинку.

*Ключові слова:* залізобетонні конструкції, зовнішні стінові панелі, термічний опір, конструктивні рішення, надійність, довговічність, технологія виробництва

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

КОЛОХОВ В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.МОРОЗ Л.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.ПЕРЧАНИК Н.Е.<sup>3</sup>, маг., м.н.с.

<sup>1</sup> Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24а, 49600, Днепр, Украина, e-mail: kolokhov\_dnepr@mail.ru

<sup>2</sup> Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24 а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-76, e-mail: linysek-slv@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24 а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-76

**Аннотация. Цель.** Анализ возможностей упрощения технологии изготовления стенового ограждения выпускаемого из сборных железобетонных конструкций с улучшенными теплотехническими характеристиками. **Основной материал.** Выполнено изменение конструкции стенового ограждения в соответствии с изменением термического сопротивления последних. Проведен анализ соответствия температурных режимов конструктивным решениям стеновых панелей. Изменение нормативных требований к термическому сопротивлению конструкций наружных стен сопровождается изменением конструктивных решений стенового ограждения. При этом происходит постепенный переход к многослойным конструкциям, что приводит к снижению общей жёсткости конструкции и, следовательно, к понижению надежности и долговечности. Производство многослойной конструкции сопровождается увеличением трудоёмкости изготовления и её

стоимости. Переход от многослойных стеновых панелей к составным панелям позволяет снизить трудоёмкость и материалоёмкость производства, повысить жесткость, как поперечного сечения панели, так и общую жесткость конструкции. Такое конструктивное решение позволит повысить надёжность и долговечность изделия и, кроме того, обеспечит возможность повышения термического сопротивления конструкций при последующей модернизации здания. Для производственной реализации необходимо внести изменения в технологические решения при выпуске. *Научная новизна.* Выполнен анализ конструктивных решений стеновой панели в зависимости от климатических факторов и нормативных требований. *Практическая значимость.* Предложено схемное решение стеновой панели с повышенной жесткостью и с возможностью повышения термического сопротивления конструкций при последующей модернизации здания.

*Ключевые слова:* железобетонные конструкции, наружные стеновые панели, термическое сопротивление, конструктивные решения, надёжность, долговечность, технология производства

## ENERGY EFFICIENCY OF WALL PANELS

KOLOHOV V.V.<sup>1</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D,*

MOROZ L.V.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D,*

PERCHANIK N.E.<sup>3</sup>, *master's degree.*

<sup>1</sup>Department of technology of building materials, products and structures, State higher educational institution "Pridneprovsk state Academy of civil engineering and architecture", Chernyshevskogo str. 24 a, 49600, Dnepr, Ukraine, e-mail: kolokhov\_dnepr@mail.ru

<sup>2</sup> Department of technology of building materials, products and structures, State higher educational institution "Pridneprovsk state Academy of civil engineering and architecture", Chernyshevskogo str. 24 a, 49600, Dnepr, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-76 e-mail: linysek-slv@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> Department of technology of building materials, products and structures, State higher educational institution "Pridneprovsk state Academy of civil engineering and architecture", Chernyshevskogo str. 24 a, 49600, Dnepr, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-93-76

**Abstract. Goal.** The analysis of possibilities of simplification of manufacturing technology wall fencing manufactured out of precast concrete structures with improved thermal characteristics. **The primary material.** The change of the structure of wall fence in accordance with the change of the thermal resistance of the latter. Analysis of the appropriateness of modes design solutions wall panels. Changing regulatory requirements to thermal resistance of exterior walls of structures is accompanied by changes in structural solutions wall fencing. Thus there is a gradual transition to multilayer structures, which reduces overall stiffness of the structure and, consequently, to lower reliability and durability. The production of multilayer structures is accompanied by increase of complexity of manufacturing and its value. The transition from multilayer wall panels to composite panels allows to reduce the complexity and material consumption of production, increase stability of the cross-section of the panel, and the overall stiffness of the structure. This design solution allows to increase the reliability and durability of the product and, in addition, will provide the opportunity to enhance the thermal resistance of the structures at further modernization of the building. For a production implementation you need to make changes in engineering solutions for the issue. **Scientific novelty.** The analysis of design solutions wall panels, depending on climatic factors and regulatory requirements. **Practical significance.** The proposed circuit decision wall panel with increased rigidity and with the possibility of increase of thermal resistance of structures with subsequent modernization of the building.

*Key words:* concrete construction, exterior wall panels, heat resistance, design, reliability, durability, production technology

### Постановка проблемы

Тема энергосбережения в строительной области стала актуальна с 70-х годов XX века, когда после мирового энергетического кризиса 1974 года пришло осознание необходимости экономии энергоресурсов. При этом степень заинтересованности в решении этой проблемы в разных странах определялась стоимостью и доступностью энергоресурсов. При изменении нормативных требований существующие строительные конструкции приходилось утеплять, а для вновь возводимых зданий и сооружений разрабатывать новые конструктивные решения. Необходимо отметить, что в большинстве своем новые конструктивные решения приводили к увеличению трудоёмкости изготовления

конструкций и усложняли технологию их производства.

### Цель статьи

Анализ возможностей упрощения технологии изготовления стенового ограждения выпускаемого из сборных железобетонных конструкций с улучшенными теплотехническими характеристиками.

### Основной материал

В 1976 году на Мировой энергетической конференции (МИРЭК) был сформулирован основной принцип экономии энергии: «энергоресурсы могут быть использованы более

эффективно, если меры, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения". С этого времени страны Европейского Союза проводят политику, направленную на снижение потребления энергоресурсов в области строительства (как при производстве, так и при эксплуатации). Первым международным нормативным актом, стала Директива Евросоюза 93/76/ЕС по ограничению выделений двуоксида углерода путем улучшения энергетической эффективности или SAVE. Документ был принят в 1993 году и предусматривал целый ряд мер по повышению энергоэффективности жилых зданий.

На основе закона SAVE в феврале 2000 года Европейский Парламент и Совет ЕС принял программу содействия энергоэффективности зданий с аналогичным названием. Программа предусматривала меры по стимулированию повышения энергоэффективности зданий, поощрение инвестиций в энергосбережение частными и общественными потребителями и в промышленности, а также создание условий улучшения интенсивности энергопотребления в сфере конечного потребления.

Нормативный акт и программа SAVE стала базой для создания новых норм и стандартов в области энергоэффективности в ряде стран ЕС – Германии (EnEV-2002), Франции (RT - 2000), Нидерландах (1998) и других. Их основная задача состоит в снижении до 30% потребления первичной энергии в жилых зданиях по сравнению с ранее действующими стандартами.

Изменения требований к энергоэффективности зданий (показателю термического сопротивления ограждающих конструкций) для некоторых стран Европы представлены на рис. 1. Анализ представленных кривых показывает как требования к показателю термического сопротивления наружных ограждающих конструкций (стен) неуклонно росли, как в бывшем СССР, а позднее в странах СНГ, так и в странах ЕС. Средняя температура самого холодного месяца представлена на рис. 2.

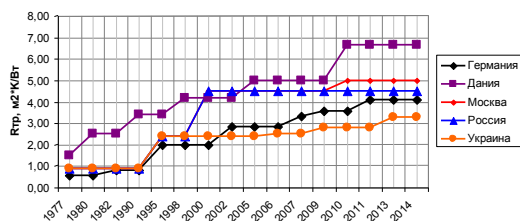


Рис. 1. Динамика изменения величины термического сопротивления наружных ограждающих конструкций (стен) жилых домов в соответствии с нормативными документами некоторых стран Европы и бывшего СНГ / Dynamics of changes in the magnitude of thermal resistance of enclosing structures (walls) of residential buildings in accordance with the regulations of some countries of Europe and former CIS

Сопоставляя эти данные можно отметить, что в странах Европы требования к энергоэффективности значительно жестче, чем в странах бывшего СССР, несмотря на более мягкий климат. Отдельно можно отметить повышенные нормы, для Москвы, что, вероятно, связано не только с климатическим фактором.

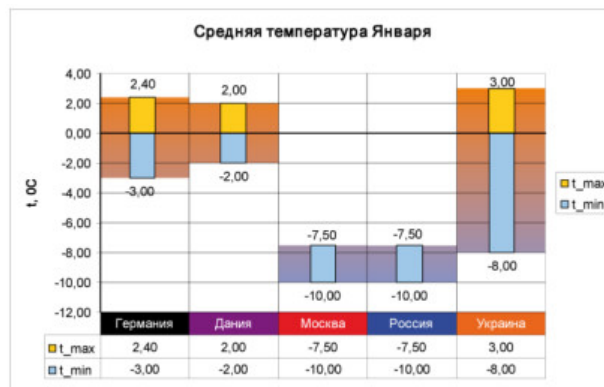


Рис. 2. Средняя температура самого холодного месяца для выборки стран, представленных на рис.1 / The average temperature of the coldest month for the sample of countries is presented in Fig.1

В ряде европейских стран требования к энергетическим характеристикам зданий пересматриваются и ужесточаются каждые 2-3 года. Во всех странах Евросоюза (ЕС) регулируется расход тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение и подогрев вентиляционного воздуха в здании. К 2020 году планируется разработка и утверждение, а также внедрение директивы по энергетическим характеристикам новых и существующих зданий во всех странах ЕС с учетом климатических особенностей отдельных стран.

Сегодня во всех странах установлены собственные требования к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций, которые с течением времени изменяются. Так в Италии, Дании, Словении и Германии (для жилых зданий) передача теплоты через ограждающие конструкции здания ограничивается использованием среднего значения теплозащитных характеристик, а в Венгрии – потребность в энергии для отопления. В Испании и Франции значения теплозащитных характеристик варьируются по районам в зависимости от климатических условий, которые определяются местоположением, включая расстояние от моря и высоту над уровнем моря. Финляндия и Норвегия применяют менее жесткие требования к теплозащите для деревянных конструкций с целью защиты традиций строительства из дерева. В Швеции установлено более высокое значение для домов с электрическим отоплением.

Основная европейская цель – это стремление к зданиям «с нулевым потреблением энергии».

В Украине на законодательном уровне в нормативно-правовой базе уже началась работа в

направлении энергосбережения, о чем свидетельствует вступление в силу ДБН В.2.6-31:2006 [1], который заменил устаревшие нормы, действующие на территории СССР СНиП II-3-79\*.

Требования к энергетическим характеристикам зданий в европейских странах сейчас намного выше предусмотренных действующими нормативными документами на территории нашей страны, а учитывая стремление Украины к вступлению в ЕС, следует уже сейчас рассмотреть возможность и механизмы разработки и внедрения оптимальных технологических и конструкторских решений с целью оптимизации существующих конструктивных элементов в области повышения качества производимой продукции в сочетании с повышенными требованиями к энергетической эффективности возводимых объектов.

Трехслойные стеновые панели – железобетонные конструкции заводской готовности, состоящие из трех основных слоев: основного бетонного слоя, теплоизоляционного слоя, отделочного слоя.

На протяжении многих лет конструкция выпускаемых стеновых панелей испытывала различные изменения: 1- бетонный слой, 2- теплоизоляционный слой, 3- бетонный слой (рис. 3).

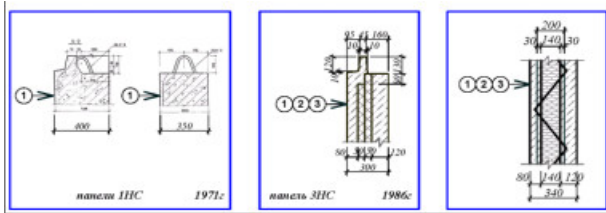


Рис. 3 Эволюция конструкции стеновых панелей / Evolution design wall panels

Коэффициент термического сопротивления стеновых панелей выпускаемых в 1971г. и 1986 г. составлял 0,39 и 0,364 м<sup>2</sup>\*С/Вт соответственно. Выпуск стеновых панелей осуществлялся в соответствии с [5].

Для стеновых панелей выпускаемых сегодня (рис. 3 крайний справа) коэффициент термического сопротивления составляет 3,78 м<sup>2</sup>\*С/Вт. Схематическая конструкция стеновой панели представлена на рисунке 4.

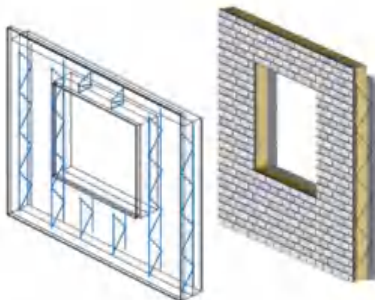


Рис.4 Схематическая конструкция стеновой панели / Schematic construction of wall panel

В Украине такие стеновые панели выпускаются в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.6-64:2008 и ДСТУ Б В.2.6-84:2009.

Качество готового изделия напрямую зависит от точности соблюдения технологии его изготовления. Качество раскроя теплоизоляционного материала, плотность его укладки в опалубку (изделие), механизм сборки самой конструкции могут приводить к образованию «мостиков холода», промерзанию конструкции и значительному снижению эксплуатационных характеристик готового изделия [2]. Обширный анализ конструкции многослойных изделий представлен в работах [3-6].

На основании вышеизложенного были рассмотрены варианты перехода от трехслойных стеновых панелей к составным панелям. Главный принцип при выборе конструкторского решения основывался на минимизации негативного влияния «мостиков холода» в самом конструктивном элементе и в готовом здании. Разрезы предлагаемого решения представлены на рисунке 5: 1 - растворный слой, 2 - минеральная вата, 3 – полистиролбетон, 4 – тяжелый бетон.

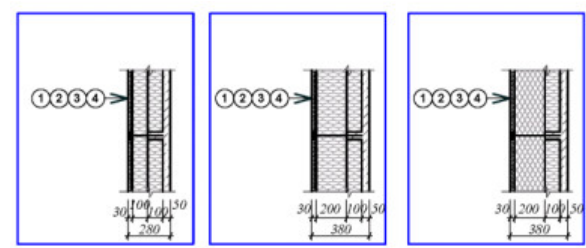


Рис. 5 Разрезы предлагаемой конструкции / The breakdown of the proposed design

Предлагаемое техническое решение стеновой панели позволит увеличить коэффициент термического сопротивления до 7,7 м<sup>2</sup>\*С/Вт. При этом величина коэффициента термического расширения может быть изменена за счет толщины внутренних слоёв. Составная панель представляет собой конструктивный элемент с жесткими связями, выполненный из тяжелого бетона. Теплоизоляционный материал укладывается в межреберное пространство. В качестве теплоизоляционного материала предлагается применять полистиролбетон в компоновке с минеральной ватой. Одним из вариантов исполнения конструктива панели может быть заполнение межреберного пространства полистиролбетоном по месту производства конструкции, а дальнейшее утепление осуществляется минеральной ватой по методу сплошного фасада после монтажа конструкции. Технология сплошного фасада поможет уменьшить влияние «мостиков холода» возникающих как в самой конструкции, так и при её монтаже.

### Выводы

На основании выполненного анализа предложено техническое решение позволяющее повысить надёжность и долговечность изделия и, кроме того, обеспечить возможность повышения термического сопротивления конструкций при последующей модернизации здания. Для производственной

реализации этого решения необходимо внести изменения в технологию производства (разработать новые составы бетонной смеси, режимы тепловой обработки и т.д.) и монтажа самой конструкции, а также методик выполнения сплошного фасада в смонтированном здании.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2006. Зі Зміною №1 від 1 липня 2013 Київ. Мінбуд України. 2006.
2. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета: Монография. /М.: издательство АВС,2001.-256 с.
3. Стронгин Н.С.,Баулин Д.К. Легкобетонные конструкции крупнопанельных, жилых домов. - М.: Стройиздат, 1984.-184 с.
4. Dal D. Durisol. Lightweight Precast Concrete // Paper trade. – 1950. - Vol. 130. - № 23.
5. Серия 1.090.1-1/88 Выпуск 2-4. Панели наружных стен трехслойные на жестких связях. ЦИТП. Госстрой СССР. 1989.
6. Серия 1.132.1-14 Панели наружных стен железобетонные трехслойные толщиной 300 мм с утеплителем из полистирольного пенопласта и гибкими связями однорядной разрезки для крупнопанельных жилых зданий с шагом поперечных стен 3,0-3,6 м и высотой этажа 2,8 м. ЦНИИЭП. Госстрой СССР. 1986.

### REFERENCES

1. DBN V. 2.6-31:2006. *Konstruktivni budinkiv i sporud* [Construction of buildings and structures]. Thermal insulation of buildings. The Ministry Of Construction Of Ukraine. 2006.
2. Korol E.A. *Trehsloynnye ograzhdayushchie zhelezobetonnyie konstruktivni iz legkih betonov i osobennosti ih rascheta* [Three-layer protecting concrete structures from lightweight concrete and features of their calculation]. Monograph /Moscow: publishing house AVC, 2001.-256 p.
3. Strongin N.S., Baulin D.K. *Legkobetonnyie konstruktivni krupnopanelynih, zhilyih domov* [Light concrete structures of large-panel houses]. - Moscow: Stroyizdat, 1984.-184 p.
4. Dal D. Durisol. Lightweight Precast Concrete // Paper trade. – 1950. - Vol. 130. - № 23.
5. Series 1.090.1-1/88 Release 2-4. *Paneli naruzhnyih sten trehsloynnye na zhestkih svyazyah* [Panel three-layer external walls on rigid links]. Gosstroy of the USSR. 1989.
6. Series 1.132.1-14 *Paneli naruzhnyih sten zhelezobetonnyie trehsloynnye tolschinoy 300 mm s uteplitelem iz polistirolnogo penoplasta i gibkimi svyazyami odnoryadnoy razrezki dlya krupnopanelynih zhilyih zdaniy s shagom poperechnyih sten 3,0-3,6 m i vyisotoy etazha 2,8 m* [Panels of external walls reinforced concrete three-layer thickness of 300 mm with thermal insulation made of polystyrene foam and flexible links single row of cutting for large-panel residential buildings with a pitch of transverse walls of 3.0-3.6 m and a storey height of 2.8 m]. Gosstroy of the USSR. 1986.

Стаття надійшла в редколегію 21.09.2016