

УДК 692.232.13

О.А. КОРОЛЬ, инженер (mrkorol.oleg@gmail.com)

Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

## Исследования и наукоемкие разработки в области энергоэффективного строительного производства

В практике современного строительства широко распространены энергоэффективные многослойные ограждающие конструкции, позволяющие обеспечить требуемый уровень тепловой защиты зданий и надежности наружных стен и перекрытий. Среди всех известных конструктивных решений ограждающих конструкций можно выделить стены, перекрытия и покрытия, изготавливаемые с применением долговечных теплоизоляционных бетонов. Подобные ограждающие конструкции могут выполняться в виде навесных и самонесущих стеновых панелей, кладки из многослойных блоков, монолитных наружных стен, плит перекрытий и покрытий. Особенностью ряда таких конструкций является наличие монолитной связи между конструктивными и теплоизоляционными слоями, обеспечиваемой при изготовлении конструкции в едином технологическом цикле. С целью повышения прочностных характеристик контактной зоны слоев конструкций был разработан ряд технических решений, предусматривающих усиление контактной зоны слоев путем внедрения в нее армирующих стеклосеток, дисперсного армирования стальной или стекловолоконной фиброй, введения дополнительного заполнителя в контактный слой в процессе послойного изготовления конструкции в заводских условиях.

**Ключевые слова:** ограждающие конструкции, наружные стены, покрытия, теплоизоляционные бетоны, многослойные конструкции, энергоэффективность.

O.A. KOROL, Engineer, (mrkorol.oleg@gmail.com)

Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

### Studies and Science-Intensive Developments in the Field of Energy Efficient Construction

Energy efficient multi-layer enclosing structures, which make it possible to ensure the required level of heat protection of buildings and reliability of external walls and ceilings, are used widely in the practice of modern construction. Among known structural concepts of enclosing structures it is possible to select walls, ceilings, and coverings manufactured with the use of durable heat insulation concretes. Such enclosing structures can be made in the form of curtain or self-bearing wall panels, multi-layer blocks masonry, monolithic external walls, ceiling slabs and coverings. A feature of some these structures is the availability of a monolithic connection between structural and heat insulation layers provided at manufacture of the structure during the single technological cycle. To improve strength characteristics of the contact zone of layers of the structure, a number of technical solutions, providing the strengthening of the layer contact zone by introducing reinforcing glass meshes, disperse reinforcement with steel or glass fiber, introducing the additional filler into the contact layer during the process of layer-by-layer fabrication of structures at the factory, have been developed.

**Keywords:** enclosing structures, external walls, coverings, heat insulation concretes, multi-layer structures, energy efficiency.

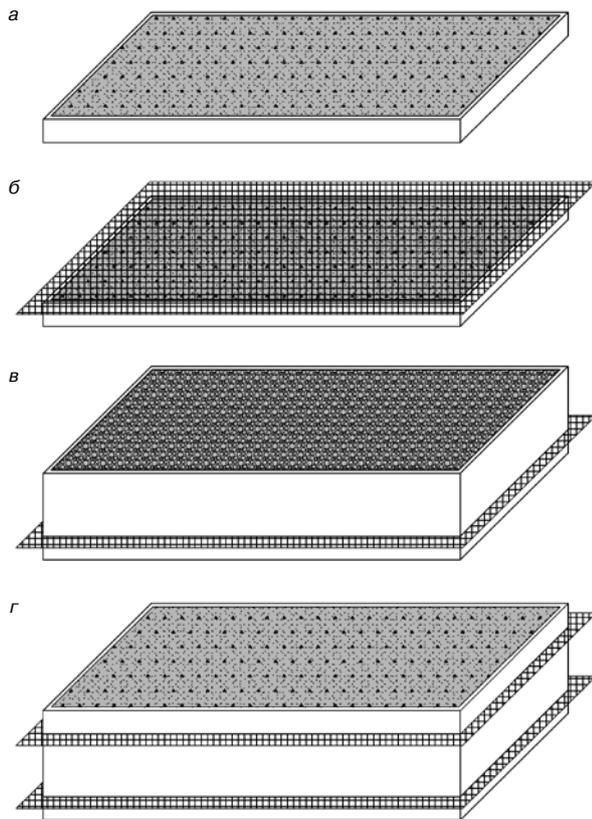
Одной из основных задач строительства современных энергоэффективных жилых и общественных зданий является повышение долговечности ограждающих конструкций, в которых используются эффективные теплоизоляционные материалы со сроком службы существенно ниже конструктивных материалов. Вместе с тем использование легких бетонов низкой теплопроводности в ограждающих конструкциях зданий как альтернативного теплоизоляционного материала позволяет обеспечить сравнительно высокую долговечность наружных стен и покрытий, а также улучшить их технологические свойства [1–9].

Для повышения эксплуатационной надежности зданий и сооружений разработано и запатентовано большое количество конструктивных и технологических решений, перспективных для внедрения в проекты строящихся и реконструируемых зданий [4, 6, 10–15].

Одним из эффективных направлений с точки зрения долговечности и технологичности конструкций является разработка и совершенствование многослойных наружных стен и перекрытий, в которых в качестве теплоизоляционного слоя используется легкий бетон низкой теплопроводности, а в несущих слоях — конструктивные бетоны. При этом конструктивно-технологические решения наружных стен могут быть в виде кладки из трехслойных блоков, сборных стеновых панелей либо монолитных многослойных наружных стен, а покрытие из сборных многослойных плит

[4, 6, 9]. Специфика изготовления трехслойных ограждающих конструкций заключается в обеспечении формирования сплошного сечения с монолитной связью между бетонными слоями, что позволяет снизить потребность в поперечном армировании либо вообще исключить его необходимость. Исследованиями установлены особенности формирования монолитной связи между бетонными слоями, причем при испытаниях многослойных образцов, изготовленных со значительными временными интервалами между укладкой бетона, зона контакта слоев конструкции оказывалась наиболее слабым местом сечения [5]. Для повышения прочности связи слоев был разработан ряд наукоемких решений, предусматривающих введение в контактную зону дополнительных материалов, способных повысить ее прочность и практически незначительно влияющих на снижение теплотехнических параметров конструкции.

Разработано техническое решение, позволяющее обеспечить равномерность теплоизоляционных свойств строительной панели по всей ее площади, а также повысить физико-механические свойства контактной зоны бетонных слоев [11]. Поставленная задача достигается за счет того, что в предлагаемом способе изготовления многослойной строительной панели после укладки в опалубочную форму конструкционного слоя из мелкозернистого бетона смесь разравнивают в горизонтальной плоскости, закрывают образующую поверхность слоем стеклосетки, наращивают



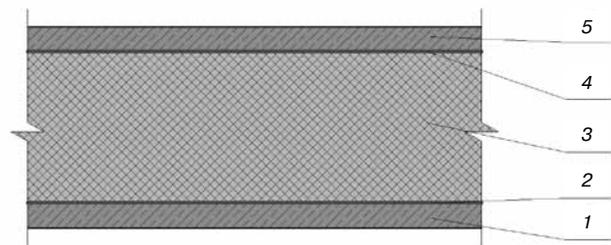
**Рис. 1.** Технологическая последовательность изготовления многослойной строительной панели: а – укладка и уплотнение наружного конструкционного слоя; б – укладка стеклосетки на границе слоев; в – наращивание опалубки, укладка и уплотнение теплоизоляционного слоя; г – укладка стеклосетки по поверхности теплоизоляционного слоя, наращивание опалубки, укладка и уплотнение конструкционного слоя

часть опалубки и укладывают слой из теплоизоляционного бетона постоянной толщины. Затем снова разравнивают смесь в горизонтальной плоскости, закрывают поверхность вторым слоем стеклосетки, наращивают третью часть опалубки и укладывают третий слой из мелкозернистого бетона, разравнивают смесь в горизонтальной плоскости, производят одновременное виброформование всех слоев и выдерживают до схватывания смеси (рис. 1). В конце снимают опалубку панели.

Наличие стеклосетки в зоне контакта бетонных слоев обеспечивает соблюдение постоянной толщины слоев и их параллельности, а также является дополнительным армированием для контактной зоны.

Альтернативные решения предусматривают использование дисперсного армирования для повышения прочностных свойств контактной зоны. Применение данных способов повышает прочность конструкции на границе контактных зон слоев за счет введения в ее состав дополнительного соединяющего слоя, образуемого в технологическом процессе на стадии изготовления. Данный соединяющий слой формируется путем введения в контактную зону материалов с целью улучшения ее физико-механических характеристик [13–15].

В одном из вариантов после укладки и уплотнения наружного несущего слоя панели или блока в горизонтальной форме, состоящего из конструкционного бетона, на выровненную поверхность укладывают просеянный искусственный гравелистый песок фракции 0,5–2 мм на толщину до 10 мм. Затем в форму уклады-



**Рис. 2.** Сечение конструкции: 1, 5 – наружные бетонные слои; 3 – внутренний теплоизоляционный слой; 2, 4 – слои гравелистого песка (или слои, армированные фиброй)

вают бетонную смесь теплоизоляционного слоя низкой плотности и уплотняют вибрированием. При формировании контактной зоны цементное молочко из бетонной смеси теплоизоляционного слоя проникает в слой гравелистого песка, образуя более прочную структуру. При этом процессы формирования контактной зоны должны производиться до начала схватывания наружного слоя конструкции. Аналогично происходит формирование второй контактной зоны трехслойной конструкции после укладки теплоизоляционного слоя. Отличие в данном случае будет состоять в том, что вышележащий укладываемый конструкционный слой обладает более высокой плотностью, чем теплоизоляционный, в связи с чем его укладку выполняют через 40–60 мин после начала схватывания теплоизоляционного слоя во избежание нарушения его формы (рис. 2).

Более эффективными решениями представляются способы изготовления многослойных конструкций, предусматривающие дисперсное армирование контактной зоны слоев металлической или щелочестойкой стекловолоконной фиброй. При изготовлении конструкции данным способом после укладки и выравнивания наружного несущего слоя на его поверхность производится напыление рубленого щелочестойкого стекловолокна либо стальной фибры, после чего производится укладка в форму теплоизоляционного слоя. Аналогичным образом формируется вторая контактная зона после укладки теплоизоляционного слоя.

При помощи описанных способов возможно изготовление крупногабаритных навесных и самонесущих стеновых панелей, панелей перекрытия и покрытия, а также многослойных стеновых блоков размерами 200×200×400 мм. Для блоков применение данных способов позволит отказаться от поперечного стержневого армирования, а для панелей – снизить количество поперечной арматуры.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что систематизация исследований и наукоемких разработок отечественного производства для практического применения позволит перейти на качественно новый уровень развития энергосберегающего строительного производства и эксплуатации объектов жилой недвижимости.

#### Список литературы

1. Давидюк А.А. Оценка влияния теплопроводных включений на приведенное сопротивление теплопередаче наружных многослойных стен на основе легких бетонов на стекловидных заполнителях // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 24–27.



2. Ибрагимов А.М., Федосов С.В., Гнедина Л.Ю. Проблемы трехслойных ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2012. № 7. С. 9–12.
3. Ибрагимов А.М., Лавринович С.С. Физико-математическая постановка задачи о нестационарном теплопереносе через многослойное ограждение при его тепловлажностной обработке // *Жилищное строительство*. 2015. № 2. С. 31–33.
4. Король Е.А., Мостовой Д.И. Инновационные технологии и конструктивные решения для производства кровельных работ // *Естественные и технические науки*. 2014. № 11–12(78). С. 404–406.
5. Король Е.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А. Влияние технологических факторов на формирование связи слоев многослойной ограждающей конструкции // *Вестник МГСУ*. 2014. № 3. С. 67–75.
6. Король Е.А., Харькин Ю.А. Технология возведения многослойных наружных стен с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности. М.: НТО ПМУ, 2014. 126 с.
7. Умнякова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем теплозащиты. *Вестник МГСУ*. 2013. № 1. С. 94–100.
8. Умнякова Н.П., Бутовский И.Н., Чеботарев А.Г. Развитие методов нормирования теплозащиты энергоэффективных зданий. *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 19–23.
9. Король Е.А., Харькин Ю.А. Технология возведения многослойных монолитных наружных стен с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности // *Жилищное строительство*. 2014. № 7. С. 32–35.
10. Патент РФ 23000609. *Способ изготовления многослойного строительного блока* / Король Е.А., Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Заявл. 15.12.2005. Оpubл. 10.06.2007. Бюл. № 16.
11. Патент РФ 2307902. *Способ изготовления многослойной строительной панели* / Король Е.А., Николаев А.Е. Заявл. 15.12.2005. Оpubл. 10.10.2007. Бюл. № 28.
12. Патент РФ 2307903. *Способ изготовления многослойного строительного изделия* / Король Е.А., Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Заявл. 15.12.2005. Оpubл. 10.10.2007. Бюл. № 28.
13. Патент РФ 2430833. *Способ изготовления многослойных строительных изделий* / Король Е.А., Зенкин В.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А. Заявл. 15.03.2010. Оpubл. 10.10.2011. Бюл. № 28.
14. Патент РФ 2434742. *Способ изготовления элементов многослойных ограждающих конструкций* / Король Е.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А., Зенкин В.А., Быков Е.Н. Заявл. 25.05.2010. Оpubл. 27.11.2011. Бюл. № 33.
15. Патент РФ 2440892. *Способ изготовления элементов многослойных ограждающих конструкций* / Король Е.А., Пугач Е.М., Харькин Ю.А., Зенкин В.А., Быков Е.Н. Заявл. 18.08.2010. Оpubл. 27.01.2012. Бюл. № 3.
2. Ibragimov A.M., Fedosov S.V., Gnedina L.Yu. Problems of three-layer enclosing structures. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2012. No. 7, pp. 9–12. (In Russian).
3. Ibragimov A.M., Lavrinovich S.S. Physical-mathematical statement of a problem of non-stationary heat transfer through multilayer enclosing structure in the course of its heat-moisture treatment. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 2, pp. 31–33. (In Russian).
4. Korol' E.A., Mostovoi D.I. Innovative technologies and design solutions for the roofing works. *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*. 2014. No. 11–12(78), pp. 404–406. (In Russian).
5. Korol' E.A., Pugach E.M., Khar'kin Yu.A. Influence of manufacturing factors on the formation of layer connection in the multilayer exterior wall. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 3, pp. 67–75. (In Russian).
6. Korol' E.A., Khar'kin Yu.A. Tekhnologiya vozvedeniya mnogoslnoykh naruzhnykh sten s teploizolyatsionnym sloem iz betona nizkoi teploprovodnosti [Construction technology of multilayer external walls with heat-insulating layer made of low heat conductivity concrete]. Moscow: NTO PMU. 2014. 126 p. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. Durability of three-layered walls with brick facing that provides high thermal protection. *Vestnik MGSU*. 2013. No. 1, pp. 94–100. (In Russian).
8. Umnyakova N.P., Butovskii I.N., Chebotarev A.G. Development of the regulation methods of heat shield of energy efficient buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 19–23. (In Russian).
9. Korol' E.A., Khar'kin Yu.A. Construction technology of multilayer monolithic external walls with heat-insulating layer made of low heat conductivity concrete. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 32–35. (In Russian).
10. Patent RF 23000609. *Sposob izgotovleniya mnogoslnoygo stroitel'nogo bloka* [Manufacturing method of a multilayer construction block]. Korol' E.A., Slesarev M.Yu., Telichenko V.I. Declared 15.12.2005. Published 10.06.2007. Bulletin No. 16. (In Russian).
11. Patent RF 2307902. *Sposob izgotovleniya mnogoslnoy stroitel'noi paneli* [Manufacturing method of a multi-layer construction panel]. Korol' E.A., Nikolayev A.E. Declared 15.12.2005. Published 10.10.2007. Bulletin No. 28. (In Russian).
12. Patent RF 2307903. *Sposob izgotovleniya mnogoslnoygo stroitel'nogo izdeliya* [Manufacturing method of a multilayer construction product]. Korol' E.A., Slesarev M.Yu., Telichenko V.I. Declared 15.12.2005. Published 10.10.2007. Bulletin No. 28. (In Russian).
13. Patent RF 2430833. *Sposob izgotovleniya mnogoslnoykh stroitel'nykh izdelii* [Manufacturing method of a multilayer construction products]. Korol' E.A., Zenkin V.A., Pugach E.M., Khar'kin Yu.A. Declared 15.03.2010. Published 10.10.2011. Bulletin No. 28. (In Russian).
14. Patent RF 2434742. *Sposob izgotovleniya elementov mnogoslnoykh ograzhdayushchikh konstrukttsii* [Manufacturing method of multi-layer enclosing structures components]. Korol' E.A., Pugach E.M., Khar'kin Yu.A., Zenkin V.A., Bykov E.N. Declared 25.05.2010. Published 27.11.2011. Bulletin No. 33. (In Russian).
15. Patent RF 2440892. *Sposob izgotovleniya elementov mnogoslnoykh ograzhdayushchikh konstrukttsii* [Manufacturing method of multi-layer enclosing structures components]. Korol' E.A., Pugach E.M., Khar'kin Yu.A., Zenkin V.A., Bykov E.N. Declared 18.08.2010. Published 27.01.2012. Bulletin No. 3. (In Russian).

## References

1. Davidyuk A.A. Assessment of influence of heat conductivity inclusions on reduced resistance to heat transfer of external multilayer walls on the basis of light concretes with vitreous fillers. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 7, pp. 24–27. (In Russian).