

2. **Krasny, I. M.** (1987) On Mechanism for Increase of Concrete Strength While Introducing Micro-Filler. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 5, 10–11 (in Russian).
3. **Matsufuji, Y.**, Kohhata, H., & Harada, S. (1991) Strength Characteristics of Solutions Containing Super-Fine Particles. *Semento Konkurito Ronbunshu = CAJ Proc. Cem. and Concr.*, 45, 264–269.
4. **Vlasov, V. K.** (1993) Optimization Regularities of Concrete Composition with Dispersed Mineral Additives. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 4, 10–11 (in Russian).
5. **Volzhenky, A. V.**, Burov, Yu. S., & Kolokolnikov, V. S. (1973) *Mineral Binding Substances*. Moscow, Stroyizdat. 480 p. (in Russian).
6. **Vysotsky, S. A.** (1994) Mineral Additives for Concrete. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2, 7–10 (in Russian).
7. **Malhotra, V. M.**, & Mehta–Ottawa, P. K. (2002) High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete: Materials, Mixture Proportioning, Properties, Construction Practice and Case Histories. Canada, Printed by Marguardt Printing Ltd. 101 p.
8. **Malhotra, V. M.**, & Mehta, P. K. (1996) Pozzolanic and Cementitious Materials. Gordon and Breach Publishers. 191 p.
9. **Bastian, S.** (1971) Wodoszczelnosc Betonow z Popiolow Lotnych. *Przegląd Budowlany* [Review of Construction], 6, 319–329 (in Poland).
10. **An investigation** of the Pozzolanic nature of Coal Ashes. *Engineering News*, 1914, Vol. 71, No 24, 1334–1335.
11. **Bazhenov, Yu. M.**, Alimov, L. A., & Voronin, V. V. (1996) Development of Theory on Formation of Structure and Properties of Concrete with Technogenic Wastes. *Izvestiia Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 7, 55–58 (in Russian).

Поступила 13.032014

УДК 621.74/519.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СЛОЕВ ИЗ МИКРОМОДУЛЕЙ В НОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

*Кандидаты техн. наук, доценты СИЗОВ В. Д., НЕСТЕРОВ Л. В.,  
канд. техн. наук, проф. КОПКО В. М.*

*Белорусский национальный технический университет*

E-mail: niil\_stisz@bntu.by

Проведен анализ требований к существующим теплоизоляционным слоям в ограждающих конструкциях стеновых панелей, даны общие принципы по разработке систем теплоизоляции, обоснована необходимость разработки новой конструкции стеновой панели с повышенными теплотехническими качествами. Предлагаемая конструкция стеновой панели отличается от существующих тем, что ее наружный слой выполнен из перфорированных в верхней и нижней частях защитных листов с уложенным на них перфорированным слоем алюминиевой фольги. Функцию одного из слоев утеплителя выполняет воздушная прослойка, а второй слой выполнен в виде нескольких слоев микромодулей, разделенных перфорированной алюминиевой фольгой и сеткой. Внутренний слой бетона отделен от слоев микромодулей также алюминиевой фольгой. Защитные листы и сетка могут быть выполнены из алюминия или полиэтилена.

Расположение пустотелых ячеек микромодулей в зоне отрицательных температур предотвращает накопление конденсата. Расположение перфорированных слоев алюминиевой фольги между слоями микромодулей приводит к увеличению термического сопротивления панели за счет снижения лучистой составляющей при наличии нескольких экранов и не препятствует паропроницанию слоев теплоизоляции из микромодулей. Вместе с тем размещение неперфорированного слоя фольги на внутреннем слое панели препятствует проникновению водяных паров из помещений в слои теплоизоляции из микромодулей.

Технологические принципы заключаются в том, что расположение отверстий перфорации в верхней и нижней зонах защитных листов позволяет удалять избыточную влагу из слоев теплоизоляции и воздушной прослойки, что также приведет к повышению теплотехнических качеств, увеличению долговечности и надежности в эксплуатации конструкции в целом. Проведенные расчеты тепловлажностной полей в наружных конструкциях подтверждают преимущества представленного технического решения.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные слои, микромодули, стеновые панели, система теплоизоляции.

Ил. 3. Библиогр.: 10 назв.

## USAGE OF MICRO-MODULAR HEAT-INSULATION LAYER IN STRUCTURES OF WALL PANELS

SIZOV V. D., NESTEROV L. V., KOPKO V. M.

*Belarusian National Technical University*

The paper presents an analysis of requirements to existing heat-insulation layers in enclosure structures of wall panels has been carried out, a general principles on development of thermal insulation systems, substantiation on the necessity to develop a new wall panel design with improved thermal characteristics. The proposed design of the wall panel differs from the existing one in the fact that its external layer is made of protective sheets being perforated in their top and bottom parts with perforated aluminum foil layer placed on them. Air layer performs function of one of thermal insulation layers, and the second layer is made up in the form of several micro-modular sub-layers which are divided by perforated aluminum foil and a grid. An inner concrete layer is also separated from micro-modular layers by aluminum foil. Protective sheets and the grid can be made of aluminum or polyethylene.

The arrangement of hollow micro-modular cells in the zone of negative temperatures prevents condensate accumulation. The arrangement of the perforated aluminum foil layers between micro-modular layers leads to increase in thermal resistance of the panel due to decrease of a radiant component in presence of several screens and does not interfere with a vapor permeability of thermal insulation layers from micro-modules. At the same time placement of a non-perforated foil layer on an inside panel layer interferes with penetration of water vapor from rooms in micro-modular thermal insulation layers.

Technological principles lie in the arrangement of perforation slots in the top and bottom zones of protective sheets that allows to delete excess moisture from thermal insulation layers and air layer and also leads to improvement of thermo-technical characteristics, durability and reliability in construction operation as a whole. The executed calculations of heat and humidity fields in external enclosure structures confirm advantages of the presented technical solution.

**Keywords:** heat insulation layers, micro-module, wall panel, heat-insulation system.

Fig. 3. Ref.: 10 titles.

**Введение.** На долговечность теплоизоляционных материалов и стабильность их теплофизических и физико-механических свойств в конструкциях утепления зданий влияют многие эксплуатационные факторы, включая:

- знакопеременный температурно-влажностный режим теплоизоляционных конструкций;
- возможность капиллярного и диффузионного увлажнения теплоизоляционного материала в конструкции;
- воздействие ветровых нагрузок;
- механические нагрузки от собственного веса в конструкциях стен и нагрузки при перемещении людей, нагрузки от снега и т. п.

С учетом указанных факторов теплоизоляционные материалы для утепления зданий должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечению требуемого сопротивления теплопередаче при возможно минимальной общей толщине конструкции, что достигается применением материалов с расчетным коэффициентом теплопроводности не более 0,04–0,06 Вт/(м·°С);

- паропроницаемость материала должна исключать возможность накопления влаги в конструкции в процессе ее эксплуатации;

- плотность теплоизоляционных материалов ограничивается допустимыми нагрузками на несущие конструкции. Кроме того, теплоизоляционные материалы должны обладать необходимой прочностью, морозостойкостью, гидрофобностью и водостойкостью, биостойкостью и отсутствием токсичных выделений при эксплуатации.

Для повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций строящихся и реконструируемых зданий, сокращения экономических и материальных затрат на монтаж тепловой изоляции, увеличения сроков эксплуатации, упрощения технологии монтажа и снижения сроков строительства предлагается использовать теплоизоляцию сетчатой (ячеистой) формы. Эта конструкция обладает повышенной отражательной способностью боковых поверхностей, малым сопротивлением паропроницанию, плотностью в 10–50 раз меньшей, чем применяемые в настоящее время теплоизоляционные материалы.

**Теплозащита ограждающих конструкций.** Микромодули, представляющие собой малые объемы цилиндрических, сферических и других форм и выполненные из конструктивно-теплоизоляционных материалов с низкими радиационными характеристиками [1], komponуются в модули аналогичных геометрических форм. При малых значениях отражательных характеристик внешних поверхностей микромодульные, модульные и макромодульные пространства могут быть заполнены иными теплоизоляционными материалами, коэффициенты теплопроводности которых имеют величину 0,025–0,035 Вт/(м·К).

Применяемые в качестве тепловой изоляции панели с микромодулями [1] отвечают указанным требованиям:

- коэффициент теплопроводности слоя из микромодулей  $\lambda = 0,025–0,035$  Вт/(м·К);
- паропроницаемость материала практически бесконечна;
- морозостойкость вследствие отсутствия влаги в порах микромодуля оценивается в 50 и более циклов;
- гидрофобность малая и водостойкость высокая;
- биостойкость высокая, токсичные выделения отсутствуют.

В настоящее время система нормирования теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций не удовлетворяет требованиям современной строительной практики и ограничивает применение новых отечественных теплоэффективных, долговечных, огнестойких керамических, ячеистобетонных, полистиролбетонных, пенополиуретановых (с наполнителями) и легких керамзитобетонных материалов, альтернативных мягким минераловатным и пенополистирольным. Например, в России узаконены два подхода: предписывающий и потребительский [2]. В первом случае осуществляется контроль соответствия регламентируемых показателей термического сопротивления наружных ограждающих конструкций (стен, перекрытий, окон и др.), во втором контролю подвергается суммарная величина теплопотребления объекта (здания). В России [3] использован двухуровневый принцип нормирования теплозащитных качеств наружных стен, который предлагается НИПТИС [2] и для Беларуси:

- по санитарно-гигиеническим условиям, не допускающим образования конденсата и плесени на внутренней поверхности наружных стен, покрытий, перекрытий;

- из условий энергосбережения и долговечности.

Второй уровень установлен с целью экономии энергозатрат на отопление зданий и снижения расходов на капитальные ремонты ограждений. Долговечность наружных ограждающих конструкций обеспечивается применением материалов, имеющих надлежащие прочность, морозостойкость, влагостойкость, теплозащитные свойства, а также соответствующих конструктивным решениям, предусматривающим специальную защиту элементов конструкций, выполненных из недостаточно стойких материалов. В Республике Беларусь нормативное приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{\text{опр}}^{\text{норм}}$  установлено из условий экономии энергозатрат на отопление зданий в результате повышения уровня теплозащитных качеств наружных стен за вычетом затрат на дополнительную теплоизоляцию и капитальные ремонты в пределах прогнозируемой долговечности.

Важнейшим разделом действующего нормативного документа [4] является раздел по определению сопротивления паропроницаемости ограждающих конструкций  $R_{\text{оп}}$ . При этом устанавливается, что  $R_{\text{оп}}$  должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницаемости из условия:

- недопущения накопления влаги в ограждающих конструкциях за годовой период эксплуатации;
- ограничения попадания влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Таким образом, общие принципы разработки систем теплоизоляции должны состоять в следующем:

1) теплоизоляция наружных ограждений должна выполнять возложенные на нее функции в течение всего периода эксплуатации конструкции;

2) рекомендации по устройству теплоизоляционных слоев должны содержать способы укладки и защиты теплоизоляционных материалов для обеспечения заданной теплопроводности, при этом изоляционный материал

должен заполнять весь слой и выдерживать нагрузки, возникающие как при укладке, так и в процессе эксплуатации;

3) слой теплоизоляционного материала с подветренной стороны здания необходимо защищать от ветра. Ветрозащитный слой должен покрывать весь изоляционный материал и быть настолько плотным, чтобы минимизировать проникновение в строительные конструкции или сквозь них воздушных потоков, существенно снижающих теплозащитные свойства материала;

4) если в многослойной ограждающей конструкции паропроницаемость уменьшается от внутреннего слоя к наружному, существует опасность накопления внутри конструкции конденсирующейся влаги, для предотвращения которой на внутреннем слое ограждения устраивают специальный пароизоляционный слой;

5) ограждающая конструкция должна быть спроектирована таким образом, чтобы создать как можно более благоприятные условия для свободного выхода водяного пара за ее пределы.

Для повышения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, обеспечения надежности и долговечности их работы, улучшения технологичности, снижения трудоемкости и материалоемкости разработано множество технологических принципов выполнения теплоизоляционных слоев в наружных ограждениях, защищенных авторскими свидетельствами и патентами [5–10]. Анализ конструкций и технологий в этих патентах показал, что для сокращения материальных и трудовых затрат при существующих технологиях изготовления и монтажа, для увеличения долговечности и надежности при эксплуатации, в целях использования местных материалов и производственных отходов необходимо разработать новую конструкцию панели с повышенными тепло-техническими качествами.

Предлагаемая авторами конструкция отличается от существующих тем, что наружный слой стеновой панели выполнен из перфорированных в верхней и нижней частях защитных листов с уложенным на них перфорированным слоем алюминиевой фольги. Функцию одного из слоев утеплителя выполняет воздушная прослойка, а второго – несколько слоев микромодулей, разделенных перфорированной алюминиевой фольгой и защищенных сеткой, а внутренний бетонный слой отделен от мик-

ромодулей алюминиевой фольгой. Защитные листы и сетка могут быть выполнены из алюминия или полиэтилена.

Основным отличительным признаком разработанного технического решения является расположение пустотелых ячеек микромодулей в зоне отрицательных температур, что предотвращает накопление конденсата и образование зон промерзания. Расположение перфорированных слоев алюминиевой фольги между слоями микромодулей приводит к увеличению термического сопротивления панели за счет снижения лучистой составляющей при наличии нескольких экранов и не препятствует паропроницанию слоев теплоизоляции из микромодулей. Вместе с тем, расположение неперфорированного слоя фольги на внутреннем слое панели препятствует проникновению водяных паров из помещений в слои теплоизоляции из микромодулей.

Технологические принципы заключаются в том, что расположение в верхней и нижней зонах защитных листов отверстий перфорации позволяет удалять избыточную влагу из слоев теплоизоляции и воздушной прослойки, что также приведет к повышению тепло-технических качеств, увеличению долговечности и надежности в эксплуатации конструкции в целом. Сетка применяется для защиты фольги от возможных повреждений при ее монтаже на поверхности теплоизоляционного слоя.

Вертикальное сечение фрагмента стеновой панели изображено на рис. 1. Многослойная стеновая панель состоит из: внутреннего бетонного слоя 1, алюминиевой фольги без перфорации 2, теплоизоляционных слоев из микромодулей 3, уложенных послойно, разделенных перфорированной алюминиевой фольгой 4 и защищенных сеткой 5, воздушной прослойки 6, алюминиевой перфорированной фольги 7 и защитных декоративных листов 8 с отверстиями перфорации 9 в верхней и нижней частях. Собранный таким образом слой утеплителя имеет высокое сопротивление теплопередаче благодаря отражательной способности слоев алюминиевой фольги и максимальную паропроницаемость для предотвращения накопления влаги в утеплителе, которая, в конечном итоге, удаляется через воздушную прослойку и отверстия перфорации в защитных слоях. Пакеты теплоизоляции могут устанавливаться как при изготовлении на заводе, так и после мон-

тажа панели на объекте. Сами микромодули могут быть связаны между собой сваркой, склеиванием или пайкой. Вместо воздушной прослойки можно использовать модули, уложенные перед защитным слоем. Крепление каждого из слоев конструкции может осуществляться легкими связями, соединяющими несущий слой со слоями утеплителя и защитным покрытием.

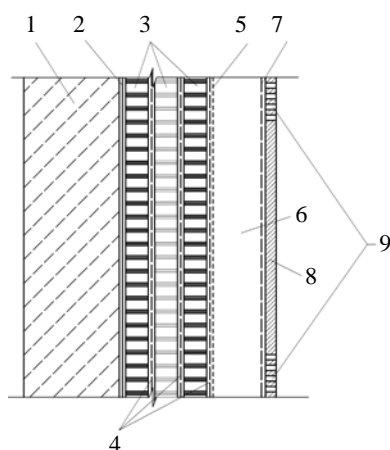


Рис. 1. Вертикальное сечение фрагмента стеновой панели

Предложенную на рис. 1 панель изготавливают следующим образом. На дно формы укладывают внутренний бетонный слой панели, затем слой алюминиевой фольги и несколько слоев микромодулей, разделенных слоями перфорированной алюминиевой фольги и защитную сетку. С помощью легких связей через воздушную прослойку на заводе или на объекте устанавливают защитные листы с уложенным на них перфорированным слоем алюминиевой фольги, имеющие в верхней и нижней частях отверстия перфорации. Выполнение заявляемой конструкции панели позволит повысить ее теплотехнические качества, сократить материаль-

ные и трудовые затраты при монтаже, увеличить долговечность и упростить технологию при использовании местных материалов и бытовых отходов.

Предварительные расчеты показали, что вследствие очень малого сопротивления паропроницаемости ячеистых утеплителей с ограниченными характерными размерами пересечение линий максимально возможных парциальных давлений с кривыми реальных действительных исключено и, таким образом, зоны возможной конденсации в таких конструкциях отсутствуют. Изложенное можно подтвердить температурными и влажностными полями, рассчитанными для трех вариантов конструкции (рис. 2), где вариант III представляет разработанную конструкцию. На рис. 2 приведены следующие обозначения:

1 – железобетон:

$$\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \mu = 0,03 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)};$$

2 – минераловатные плиты:

$$\lambda = 0,054 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \mu = 0,53 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)};$$

$$\rho = 125 \text{ кг/м}^3;$$

3 – пенополистирольные плиты:

$$\lambda = 0,052 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; \mu = 0,05 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)};$$

$$\rho = 50 \text{ кг/м}^3;$$

4 – воздушная прослойка:

$$R_{\text{вп}} = 0,16 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}; R_{\text{п}} = 0; \delta = 30 \text{ мм};$$

5 – трехслойный микромодуль:

$$\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}; R_{\text{п}} = 0,5 \cdot 3 \cdot 7,3 =$$

$$= 11 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/м}; \delta = 30 \text{ мм}.$$

В результате расчетов температур и парциальных давлений построены графики влажностного режима наружных стен для каждого варианта при:  $t_{\text{н}} = t_{\text{н}}^{\text{от.п}} = -1,6 \text{ °C}$  и  $t_{\text{н}} = t_{\text{н}}^{\text{хм}} = -6,9 \text{ °C}$  (рис. 3).

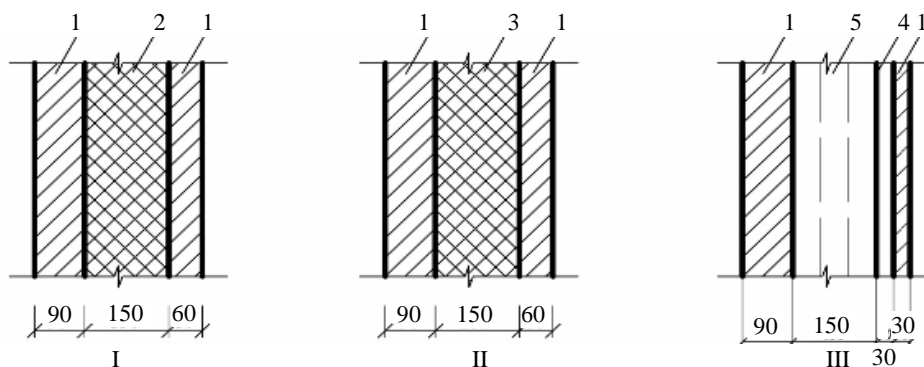


Рис. 2. Варианты наружного ограждения

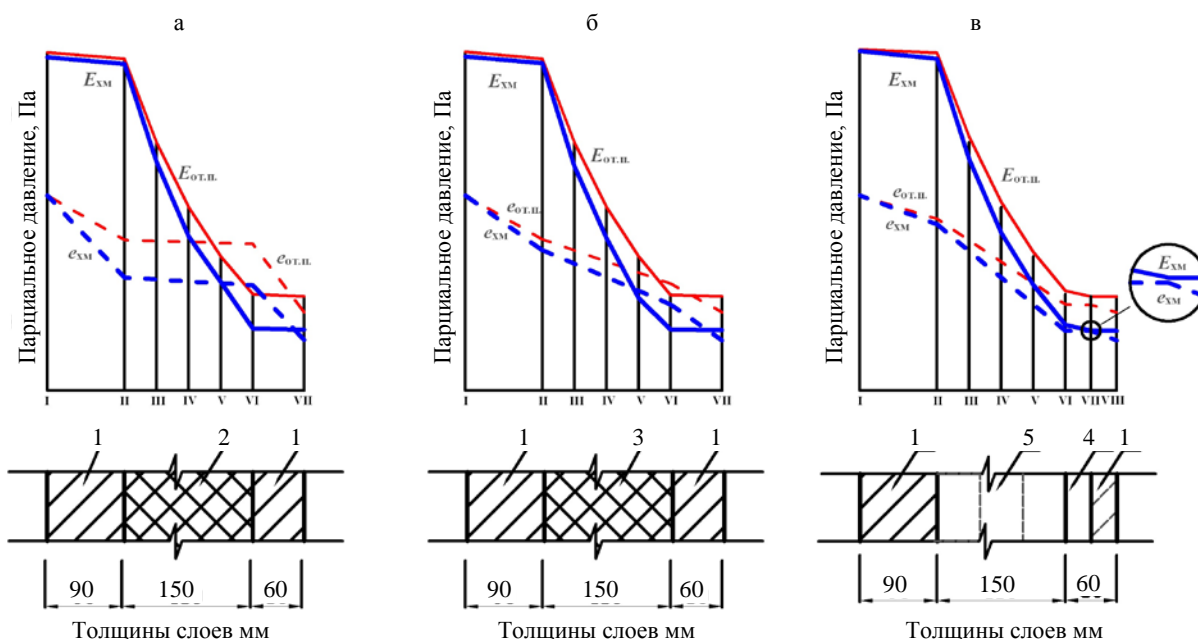


Рис. 3. Графики влажностного режима наружной стены: а – вариант I; б – вариант II; в – вариант III

## ВЫВОДЫ

1. Анализ приведенных графиков на рис. 3 показывает, что в вариантах I и II имеются пересечения линий  $E$  и  $e$  при эксплуатации конструкции в отопительный и холодный периоды года. Следовательно, риск выпадения конденсата в толще ограждения имеется. В конструкции варианта III подобного пересечения нет, следовательно, и риска конденсации водяного пара в толще ограждения не будет.

2. Разработанная конструкция предотвращает появление зоны конденсации при эксплуатации наружных ограждений даже в наиболее неблагоприятных условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Наружное ограждение здания: пат. № 13547 Респ. Беларусь, МПК E 04B 2/42 / Б. М. Хрусталева, В. Д. Сизов, В. Д. Акельев, И. М. Золотарева; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20071580; заявл. 19.12.07; опубл. 25.05.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 4. – С. 118.
2. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики: ТКП 45-2.04-196–2010. – Минск: Минстройархитектуры, 2010.
3. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02–2003. – М., 2012.
4. Строительная теплофизика. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43–2006. – Минск: Минстройархитектуры, 2007.

5. Наружное ограждение зданий: а. с. SU 1222777 A E04B 2/42, 1/70 / С. В. Александровский, А. Ф. Хомутов, В. Б. Максимов, Л. И. Росляк, В. Н. Макаревич, А. И. Звягина; Науч.-исслед. ин-т строит. физики Госстроя СССР // Бюл. № 13 (71) (72) (53) 69.022.3:697.9(088.8).

6. Многослойная стеновая панель: а. с. RU 2104373 C1 E04B 1/76, E04C 2/26 / В. А. Ширяев, А. Ф. Симурич, В. М. Бадьев, Н. С. Саранцев; Акционер. общ. «Домостроительный комбинат» // Бюл. № 4.

7. Трехслойная стеновая панель: а. с. SU 1377349 A1 E04C 3/26, E04B 1/76 / И. Н. Бутовский, Б. Д. Некрасов, Н. Н. Черных, Е. Ф. Файфман, Г. Д. Уздин, Б. О. Шапиро, Р. И. Роланова; Науч.-исслед. ин-т «НИИмосстрой» и Краснопресн. завод железобет. констр. // Бюл. № 8 (71) (72) (53) 691.022-413:699.86.022.3(088.8).

8. Вентилируемое наружное ограждение здания: а. с. SU 1491985 A1 E04B 2/42, 1/70, E04C 2/26 / А. Ф. Хомутов, В. Н. Макаревич, Г. М. Смилянский, А. И. Звягина, Б. И. Штейнман; Науч.-исслед. ин-т строит. физики Госстроя СССР // Бюл. № 25 (71) (72) (53) 69.022.3(088.8).

9. Стеновая панель: а. с. RU 2035558 C1 E04B 1/76, E04C 2/26 / Н. С. Саранцев, В. М. Бадьев; Томусинский завод крупнопан. домостр.; Зональный науч.-исслед. и проект. Ин-т типового и эксперимент. проектир. жилых и общественных зданий в г. Новосибирске // Бюл. № 14.

10. Многослойная ограждающая стеновая конструкция: а. с. RU 2309227 C1 E04B 2/84, 1/76 / А. Ю. Лебедев, А. Н. Ярков // Бюл. № 30.

## REFERENCES

1. Khroustalev, B. M., Sizov, V. D., Akeliev, V. D., Zolotareva, I. M. (2010) Building Exterior Cladding. Patent Republic of Belarus, No 13547. *Ofitsial'nyi Biulleten'. Izo-*

*breteniia. Poleznye modeli. Promyshlennye Obraztsy* [Official Bulletin. Invention. Utility Models. Industrial Designs.], 4, 118 p. (in Russian).

2. **ТКР 45-2.04-196-2010.** Building Heat Insulation. Thermal Power Characteristics. Minsk, Minstroyarkhitektury, 2010 (in Russian).

3. **СНиП 23-02-2003.** Building Heat Insulation. Moscow, 2012 (in Russian).

4. **ТКП 45-2.04-43-2006.** Construction Thermophysics. Structural Design Code. Minsk, Minstroyarkhitektury, 2007 (in Russian).

5. **Alexandrovsky, S. V.,** Khomutov, A. F., Maximov, V. B., Rosliak, L. I., Makartsev, V. N., & Zviagina, A. I. (1978) Building Exterior Cladding. Patent USSR, SU 1222777 (in Russian).

6. **Shiriaev, V. A.,** Simurin, A. F., Badiev, V. M., & Sarantsev, N. S. (1998) Multi-Layer Panel. Patent of Russian Federation, RU 2104373 (in Russian).

7. **Butovsky, I. N.,** Nekrasov, B. D., Tchernykh, N. N., Faifman, E. F., Uzdin, G. D., Shapiro, B. O., & Rolanova, R. I. (1991) Three-Layer Wall Panel. Patent USSR, SU 1377349 (in Russian).

8. **Khomutov, A. F.,** Makartsev, V. N., Smiliansky, A. I., Zviagina, G. M., & Steinman, B. I. (1989) Building Ventilated Exterior Cladding. Patent USSR, SU 1491985 (in Russian).

9. **Sarantsev, N. S.,** & Badiev, V. M. (1995) Wall Panel. Patent of Russian Federation, RU 2035558 (in Russian).

10. **Lebedev, A. Yu.,** & Yarko, A. N. (2007) Multi-Layer Wall Enclosure Structure. Patent of Russian Federation, RU 2309227 (in Russian).

Поступила 23.06.2014

УДК 625.08

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

*Канд. техн. наук, проф. МАКСИМЕНКО А. Н.,  
магистр техн. наук ЗАРОВЧАТСКАЯ Е. В., инж. МАСЛОВСКАЯ С. В.*

*Белорусско-Российский университет*

E-mail: maksimenko.bru@yandex.ru

Эффективность использования изделий машиностроения определяется уровнем их работоспособности. Затраты, связанные с обеспечением работоспособности, за период эксплуатации превосходят в 6–10 раз начальную стоимость изделий. Причем в процессе их использования эти затраты увеличиваются при снижении выходных параметров, обеспечивающих эффективность применения изделия по назначению. Важно учитывать эти изменения на этапах изготовления изделий машиностроения. Достижение максимального эффекта на этапе эксплуатации жизненного цикла изделия возможно только в результате комплексных и взаимоувязанных мероприятий при проектировании, производстве и использовании по назначению конкретного объекта с учетом динамики его выходных параметров. Анализ динамики выходных параметров при его эксплуатации позволит определить предельные значения производительности, эксплуатационных затрат и наработки для получения максимальной прибыли на единицу наработки.

В статье на примере гидрофицированных экскаваторов пятой размерной группы приведена динамика основных выходных параметров на этапе эксплуатации их жизненного цикла; выявлен основной фактор, влияющий на интенсивность снижения производительности гидрофицированной машины; обоснована целесообразность учета динамики выходных параметров при оценке эффективности ее использования; предложена методика определения наработки окупаемости затрат на приобретение машины и оптимальной наработки этапа эксплуатации, ее жизненного цикла, соответствующей получению максимальной прибыли.

В настоящее время при определении целесообразности создания машин закладываются постоянные значения основных выходных параметров (производительности, себестоимости машино-часа), со-