

УДК 519.23:621.926.08:622.73

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ФАЛЬЦЕВОЙ КРОВЛИ
ISOLATION SYSTEMS OF THE STANDING SEAM ROOFS

©Зеленищиков Д.Б.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва
zdb@arado-s.ru

©Zelenshchikov D.B.

National Research University Moscow state university of civil engineering (NRU MSUCE), Moscow
zdb@arado-s.ru

©Пятаев Е.Р.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва
26pyatay92@mail.ru

©Piataev E.R.

National Research University Moscow state university of civil engineering (NRU MSUCE), Moscow

©Тюленев М.Д.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва
tymatvey@mail.ru

©Tulenev M.D.

National Research University Moscow state university of civil engineering (NRU MSUCE), Moscow
tymatvey@mail.ru

Аннотация: в работе рассмотрены системы металлической кровли с двойным фальцем и установлены требования к изоляции этих систем. Основные методы исследования способов утепления скатной кровли базируются на нормативных испытаниях свойств теплоизоляционных материалов.

В процессе работы были разработаны требования к теплоизоляции, методика оценки ее свойств и рекомендации по конструктивным решениям и по монтажу кровельного пирога. Проведен анализ этих решений и определены перспективы их использования при строительстве коттеджей и малоэтажных зданий.

Abstract: The paper discusses the system of metal roofing with double seam and installed insulation requirements of these systems. The basic research methods of pitched roof insulation methods are based on the standard test the properties of thermal insulation materials.

In the process, we have developed requirements for the thermal insulation properties of its evaluation methodology and recommendations for design solutions and the installation of roof pie. The analysis of these solutions and identify prospects for their use in the construction of cottages and low-rise buildings.

Ключевые слова: фальцевая металлическая кровля, система изоляции, минеральная вата, базальтовое волокно, пенополистирол, эксплуатационная стойкость.

Keywords: seamed metal roof, insulation system, mineral wool, basalt fiber, foampolystyrene, operational stability

<http://www.bulletennauki.com/>

Развитие малоэтажного строительства и повышение его качества предполагает использование современных технологий ведения работ и современных конструкций, в том числе и скатной фальцевой кровли [1, 2].

Фальцевая кровля на сегодняшний день является самым надежным кровельным покрытием. Она представляет собой металлические листы длиной, как правило, от карниза до конька, соединенные между собой специальным замком, который называется «фальцем». Существует несколько видов фальцев: стоячие, лежащие, двойные, одинарные, самозащелкивающиеся [3]. Самое красивое и надежное исполнение фальцевой кровли — это так называемый двойной стоячий фальц.

Двойной стоячий фальц — усовершенствование первоначального пологого фальца, соответствующего простому стоячему фальцу. Термин «двойной стоячий фальц» характеризует один из классических вариантов продольного соединения бок о бок лежащих листов вне уровня воды. При минимальной высоте фальца 23 мм, двойной стоячий фальц защищен от проникновения дождевой влаги без применения дополнительных мер [4, 5]. Во всем мире зарекомендовали себя изготовленные на заводе картины с высотой двойного стоячего фальца 25 мм. Окантовка и закрытие профиля производятся вручную или с помощью профилировочного станка. Кроме того, возможно также исполнение таких особых форм, как выпуклые и вогнутые изгибы или конические листы. Благодаря разнообразию исполнения деталей при помощи двойного стоячего фальца эта техника подчеркивает в равной степени возможности как традиционной, так и современной архитектуры.

Срок безремонтной службы фальцевой кровли зависит от вида материала, из которого она изготовлена, эксплуатационной стойкости изоляционных слоев, корректности проекта и грамотности монтажа. Фальцевые панели-картины, в зависимости от выбранного материала, укладывают либо по разреженной обрешетке, либо по сплошному основанию. Сплошную обрешетку всегда обязательно устраивать в местах примыканий, карнизных свесов, желобов и т.д.

Монтаж элементов кровельного пирога включает монтаж пароизоляции, гидроизоляции, утеплителя, обрешетки и подготовку основания под финишное покрытие. Подкровельный пирог выполняет две очень важные функции: *тепло- и гидрозащитную* [6, 7].

Стандартный вариант конструкции кровельного пирога выглядит следующим образом: пароизоляция, утеплитель, гидроизоляция. Применение теплоизоляции обеспечивает снижение теплопотерь в отопительный период и снижение перегрева подкровельных помещений в жаркий период. Важным является поддержание стабильности свойств утеплителя, которая определяется условиями его эксплуатации — механическими воздействиями, увлажнением и пр.

Практически все современные кровельные материалы надежно предохраняют дом от внешних осадков. Однако влага и конденсат могут проникать под любое кровельное покрытие. Излишняя влага приводит к ухудшению способности утеплителя удерживать тепло внутри помещения. В связи с этим в доме нарушаются условия теплового комфорта, создается парниковый эффект и появляется запах сырости. Помимо этого, влага приводит к загниванию деревянных конструкций и образованию плесени, вызывает коррозию металлических конструкций, потерю несущей способности деревянных конструкций, короткие замыкания проводки.

Излишняя влага может появиться в подкровельном пространстве в следующих случаях [8, 9]:

- неверный монтаж кровли (неграмотно выполненные примыкания, внутренние ендовы, затекания в случае капиллярного эффекта при малых уклонах кровли и т.п.);
- повреждение финишного покрытия;
- конденсация в результате возникновения «точки росы» на внутренней поверхности финишного покрытия как естественный и неотвратимый процесс;

<http://www.bulletennauki.com/>

- отсутствие или неграмотно реализованная подкровельная вентиляция в результате естественной абсорбции (впитывания) влаги деревянными конструкциями [10].

Для длительного эксплуатации жилых помещений очень важным является вопрос сохранения оптимального уровня влажности, так как влага «наступает» со всех сторон, и изнутри, и снаружи. Внутри жилых помещений постоянно выделяется влага в результате жизнедеятельности людей, снаружи бушует природа, а внутри конструкции образуются конденсат. Всех этих процессов нельзя избежать, но сохранить конструкции в оптимальном режиме влажности и добиться комфортных условий в доме возможно.

В качестве теплоизоляции могут быть использованы следующие группы материалов: плитные изделия и маты на основе каменной ваты; плитные изделия на основе базальтового волокна, плиты из экструзионного пенополистирола. В условиях фальцевой кровли теплоизоляция испытывает значительные температурные воздействия (в диапазоне от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$), воздействия, предполагающие эмиссию волокна (при изоляции с вентилируемым зазором), размягчение полимера, воздействия капельной жидкости (в результате прямых протечек или конденсации влаги на металле).

Эксперимент был направлен на исследование эксплуатационной стойкости изделий, используемых при утеплении систем фальцевой кровли; на выявление групп изделий, соответствующих в наибольшей степени условиям работы в фальцевой кровле; на оценку путей повышения эксплуатационной стойкости теплоизоляции.

Исследования свойств теплоизоляции проводились по стандартным методикам, а также с использованием методики «МГСУ-РОКВУЛ» и экспресс-методики «МГСУ-ГАСИС-МАКСМИР». Согласно методике «МГСУ-РОКВУЛ», испытания на искусственное старение проводят в климатической камере в течение 180 циклов (замораживание-оттаивание-нагрев). Строят графики зависимости прочности при 10% деформации и теплопроводности от количества циклов (z) и сравнивают их по граничным условиям с базовыми кривыми, построенными для материала с известным расчетным сроком эксплуатации (50 лет). Экспресс-методика предполагает использование специальных камер климатических камер и форсированных режимов температурно-влажностного воздействия.

Исследования свойств теплоизоляционных изделий проводились в условиях циклических температурных воздействий. При этом в качестве дополнительных нагрузок использовались вибрация, соляной туман, продувание материала воздухом с целью оценки эмиссии волокон. После каждых 10 циклов проводился отбор образцов и определения их теплопроводности в стандартных условиях, прочности на сжатие при 10%-й линейной деформации, сжимаемости, средней плотности, внешнего вида образцов.

По результатам испытаний определялся график зависимости теплопроводности, (λ), от количества циклов, (z); также определялись графики зависимости воздухопроницаемости и прочности на сжатие при 10-ной деформации, $\sigma(z) = R_{10\%}(z)$, от количества циклов; определялись графики зависимости сжимаемости, $i(z)$, средней плотности, $\sigma(z)$, от количества циклов.

Показатели стабильности внешнего вида опытных образцов устанавливались визуально и фиксировались для каждого опытного образца. После проведения 180 циклов климатических воздействий «замораживания - оттаивания – нагрев» по результатам визуального осмотра опытных образцов установлено, что внешний вид образцов не меняется. Визуально не установлено отслоения и вырывание волокон материала, изменения цвета материала и его сплошности. Исследования свойств теплоизоляционных изделий проводились в условиях циклических температурных воздействий. При этом в качестве дополнительных нагрузок использовались вибрация, соляной туман, продувание

материала воздухом с целью оценки эмиссии волокон.

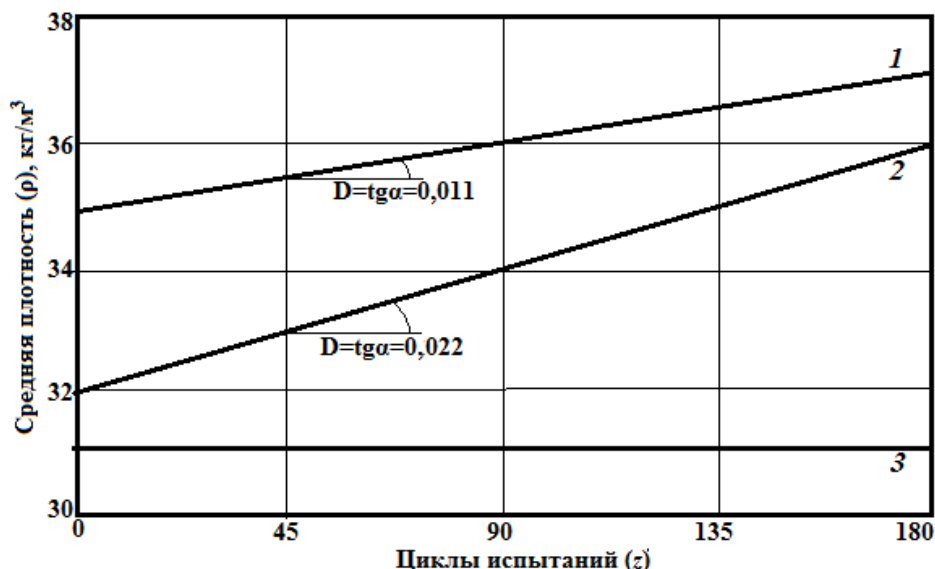


Рисунок 1. Изменение средней плотности ТИМ в зависимости от количества циклов (z): 1 — изделия на основе каменной ваты; 2 — ЭПС-плиты; 3 — плиты на основе базальтового волокна

Результаты эксперимента показывают (Рисунок 1), что климатические циклы оказывают наибольшее влияние на повышение средней плотности ЭПС-изделий ($D=0,022$), в меньшей степени — на изделия из каменной ваты ($D=0,011$) и практически не влияют на плотность изделий на основе базальтового волокна ($D=0$). При этом интегральное изменение плотности не значительно, то есть все виды изделий могут рассматриваться как пригодные для теплоизоляции фальцевой кровли. Изменение плотности составляет 5—12%.

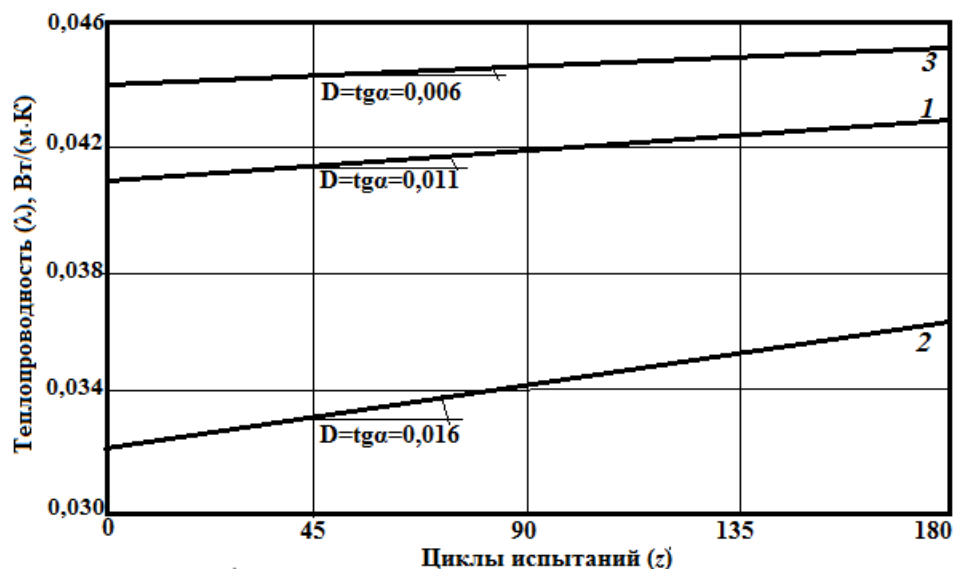


Рисунок 2. Изменение теплопроводности ТИМ в зависимости от количества циклов (z): 1 — изделия на основе каменной ваты; 2 — ЭПС-плиты; 3 — плиты на основе базальтового волокна

Климатические циклы оказывают наибольшее влияние на повышение теплопроводности ЭПС-изделий ($D=0,016$), в меньшей степени — на изделия из каменной ваты ($D=0,011$) и на

<http://www.bulletennauki.com/>

теплопроводность изделий на основе базальтового волокна ($D=0,006$). При этом интегральное изменение плотности не значительно, а наилучшие показатели у ЭПС-изделий, а далее — у изделий на основе каменной ваты (Рисунок 2). Изменение теплопроводности составляет 2—9%.

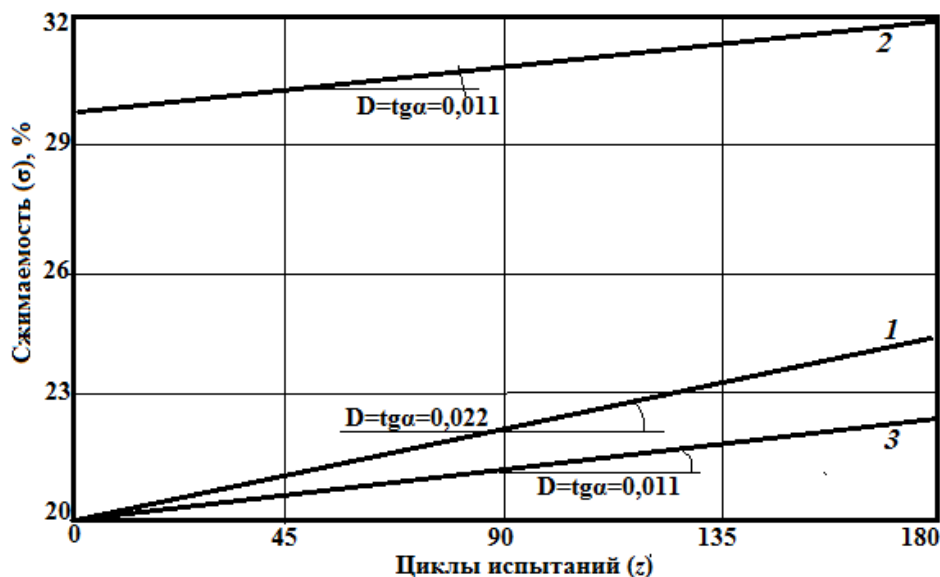


Рисунок 3. Изменение сжимаемости ТИМ в зависимости от количества циклов (z): 1 — изделия на основе каменной ваты ($\sigma_{20}=20\%$); 2 — изделия на основе каменной ваты ($\sigma_{30}=30\%$); 3 — плиты на основе базальтового волокна

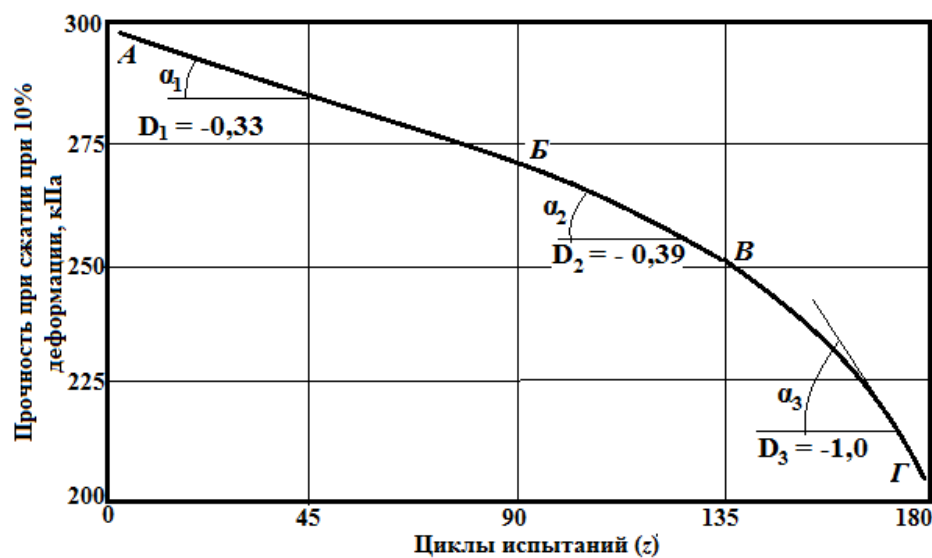


Рисунок 4. Изменение показателей прочности при 10% деформации ЭПС-плит (R) в зависимости от количества циклов (z)

Для изделий из каменной ваты и базальтового волокна в качестве характеристики прочности было принято изменение сжимаемости под нагрузкой; для ЭПС плит – изменение прочности при 10% деформации.

Эксперимент показал, что сжимаемость изделий из каменной ваты в результате климатических испытаний возрастает на 7—20% и проявляется в большей степени у плит, имеющих меньшую начальную сжимаемость (Рисунок 3). Потеря прочностных характеристик изделий из базальтового

<http://www.bulletennauki.com/>

волокна не превышает 10%. Характерные дифференциалы находятся в интервале от 0,011 до 0,022. Потеря прочности обусловлена, в первую очередь, снижением прочностных характеристик связки (отвержденных фенолоспиртов) и, во вторую очередь – ослаблением прочности контакта между отвержденной связкой и минеральным волокном. Разрушения волокон практически не происходит.

Для ЭПС-плит характерно значительное снижение прочностных показателей в результате климатических испытаний (Рисунок 4). Причем, чем больше количество циклов «замораживания – оттаивания – нагрева», тем более интенсивно происходит падение прочности. Это может быть объяснено постепенным разрушением полимера в областях максимальных температур климатических испытаний (+70°C).

Оптимальными для теплоизоляции являются изделия на основе каменной ваты. Изделия на основе базальтового волокна имеют большую эксплуатационную стойкость, но их начальная теплопроводность выше, чем у изделий из каменной ваты и выше цена [11]. ЭПС-плиты имеют высокие теплотехнические показатели, темпы снижения которых в результате климатические испытания не превышают нормативов. Снижение прочностных характеристик ЭПС-плит превышает установленные нормативы и по этому показателю эти изделия не могут быть рекомендованы для теплоизоляции систем скатной фальцевой кровли.

Список литературы:

1. Жуков А.Д. Экологические аспекты формирования изоляционной оболочки зданий / А.Д. Жуков, А.М. Орлова, Т.А. Наумова, Т.П. Никушкина, А.А. Майорова // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 209—212.
2. Румянцев Б.М. Теплопроводность высокопористых материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 108—114.
3. Zhukov A.D. Thermal treatment of the mineral wool mat / A.D. Zhukov, T.V. Smirnova, D.B. Zelenshchikov, A.O. Khimich // «Advanced Materials Research» (Switzerland) Vols. 838—841 (2014) pp. 196—200.
4. Жуков А.Д. Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 273—278.
5. Румянцев Б.М. Методология создания новых строительных материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков / Учебное пособие. Москва. МГСУ. 2012. 172 с.
6. Орешкин Д.В. Современные материалы и системы в строительстве – перспективное направление обучения студентов строительных специальностей / Д.В. Орешкин, В.С. Семенов // Строительные материалы. 2014. №7. С. 92.
7. Горшков А.С. Экономическая эффективность инвестиций в энергосбережение А.С. Горшков, П.П. Рымкевич, Н.И. Ватин // Инженерные системы. АВОК - Северо-Запад. 2014. № 3. С. 32—36.
8. Жуков А.Д. Системы изоляции строительных конструкций / А.Д. Жуков, А.М. Орлова, Т.А. Наумова, И.Ю. Талалина, А.А. Майорова // Научное обозрение. 2015. № 7. С. 213—217.
9. Zhukov A.D. Composite wall materials / A.D. Zhukov, I.V. Bessonov, A.N. Sapelin, N.V. Naumova, A.S. Chkunin // «Italian Science Review». Issue 2 (11); February 2014. P. 155—157.
10. Соков В.Н. Комплексный парогидро теплоизоляционный материал / В.Н. Соков, А.Э. Бегляров, А.А. Солнцев, А.А. Журавлева, А.С. Журбин // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. №2. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>. Дата обращения 2015.05.10.
11. Романова А.А. Методика расчета прогнозируемых сроков окупаемости

<http://www.bulletennauki.com/>

энергосберегающих мероприятий по утеплению зданий / А.А. Романова, П.П. Рымкевич, А.С. Горшков // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 4 (30). С. 68—74.

References:

1. Zhukov A.D. Jekologicheskie aspekty formirovanija izoljacionnoj obolochki zdaniy / A.D. Zhukov, A.M. Orlova, T.A. Naumova, T.P. Nikushkina, A.A. Majorova // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 7. S. 209—212.
2. Rumjancev B.M. Teploprovodnost' vysokoporistyh materialov / B.M. Rumjancev, A.D. Zhukov, T.V. Smirnova // Vestnik MGSU. 2012. № 3. S. 108—114.
3. Zhukov A.D. Thermal treatment of the mineral wool mat / A.D. Zhukov, T.V. Smirnova, D.B. Zelenshchikov, A.O. Khimich // «Advanced Materials Research» (Switzerland) Vols. 838—841 (2014) rr. 196—200.
4. Zhukov A.D. Lokal'naja analiticheskaja optimizacija tehnologicheskikh processov / A.D. Zhukov, A.B. Chugunkov // Vestnik MGSU. 2011. № 1-2. S. 273—278.
5. Rumjancev B.M. Metodologija sozdaniya novyh stroitel'nyh materialov / B.M. Rumjancev, A.D. Zhukov / Uchebnoe posobie. Moskva. MGSU. 2012. 172 s.
6. Oreshkin D.V. Sovremennye materialy i sistemy v stroitel'stve – perspektivnoe napravlenie obuchenija studentov stroitel'nyh special'nostej / D.V. Oreshkin, V.S. Semenov // Stroitel'nye materialy. 2014. №7. S. 92.
7. Gorshkov A.S. Jekonomicheskaja jeffektivnost' investicij v jenergoberezenie A.S. Gorshkov, P.P. Rymkevich, N.I. Vatin // Inzhenernye sistemy. AVOK - Severo-Zapad. 2014. № 3. S. 32—36.
8. Zhukov A.D. Sistemy izoljicii stroitel'nyh konstrukcij / A.D. Zhukov, A.M. Orlova, T.A. Naumova, I.Ju. Talalina, A.A. Majorova // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 7. S. 213—217.
9. Zhukov A.D. Composite wall materiali / A.D. Zhukov, I.V. Bessonov, A.N. Sapelin, N.V. Naumova, A.S. Chkunin // «Italian Science Review». Issue 2 (11); February 2014. P. 155—157.10. Sokov V.N. Kompleksnyj parogidroteploizoljacionnyj material / V.N. Sokov, A.Je. Begljarov, A.A. Solncev, A.A. Zhuravleva, A.S. Zhurbin // Internet-vestnik VolgGASU. 2014. №2. Rezhim dostupa: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>. Data obrashhenija 2015.05.10.
11. Romanova A.A. Metodika rascheta prognoziruemyh srokov okupaemosti jenergoberegajushhih meroprijatij po utepleniju zdaniy / A.A. Romanova, P.P. Rymkevich, A.S. Gorshkov // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2014. № 4 (30). S. 68—74.