

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 3 / 2024, Vol. 16, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/91SAVN324.pdf>

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шибаетова, Г. Н. Особенности расчета долговечности многослойных ограждающих конструкций /

Г. Н. Шибаетова, Д. А. Гумаров // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 3. — URL:

<https://esj.today/PDF/91SAVN324.pdf>

For citation:

Shibaeva G.N., Gumarov D.A. Features of calculating the durability of multilayer enclosing structures. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(3): 91SAVN324. Available at: <https://esj.today/PDF/91SAVN324.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 69.07.691

Шибаетова Галина Николаевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Абакан, Россия

Доцент кафедры «Строительство и экономика»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: shibaevagn@mail.ru

Гумаров Денис Александрович

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Абакан, Россия

E-mail: Denis-Gumarov@mail.ru

Особенности расчета долговечности многослойных ограждающих конструкций

Аннотация. Современный подход к теплозащите ограждающих конструкций зданий предусматривает многослойность стен. За период строительства по нормативам, обуславливающим особые требования к теплозащите стен накоплен значительный опыт в конструкторских схемах и выборе теплоизоляционного материала, но отсутствует единая методика определения долговечности многослойных ограждающих конструкций.

В статье систематизирован подход к схемам устройства теплоизоляционного слоя в конструкции стены, выделены основные достоинства и недостатки каждой схемы, что увязывается с основными показателями надёжности и долговечности теплозащиты ограждающих конструкций. Также обозначена проблема оценки долговечности многослойных стен зданий в связи с различными сроками службы составляющих элементов.

Авторы предлагают для прогнозирования долговечности многослойных конструкций стен ввести корректирующие коэффициенты, учитывающие срок службы и схемы устройства теплоизоляционного слоя в конструкциях, входящих в расчёт интегрального коэффициента долговечности.

Данный подход позволяет моделировать прогнозный срок эксплуатации многослойных ограждающих конструкций по накопленному физическому износу всех слоёв.

Ключевые слова: многослойные ограждающие конструкции; долговечность теплозащиты; долговечность многослойных стен; теплоизоляционный слой; корректирующие коэффициенты; прогнозный срок эксплуатации

Введение

Переход к многослойным стеновым панелям в строительстве связан с необходимостью теплозащиты ограждающих конструкций зданий, согласно нормативным документам.¹

Более двадцати лет ведётся строительство по нормативам, обуславливающим особые требования к теплозащите зданий.²

За этот период накоплен огромный опыт в способах теплозащиты и применяемым материалам. В основном утвердились четыре основные схемы устройства теплоизоляционного слоя в конструкции наружных стен (рис. 1).

Основная часть

Все способы теплозащиты связаны с особенностью размещения теплоизоляционного слоя: с наружной, внутренней сторон, внутри кладки и с совмещением теплоизоляционного материала и воздушной прослойки. Оценка схем устройства теплоизоляции в конструкции стены позволяет выделить достоинства и недостатки каждого способа, что является базой при выборе и обосновании схемы теплозащиты [1; 2].

Известно, что внутренне размещение теплоизоляционного слоя обеспечивает высокую теплоустойчивость, естественную просушку и является экономичнее других способов вследствие того, что скорость работ увеличивается в 2–3 раза из-за отсутствия дополнительных лесов [3; 4].

Размещение теплозащитного слоя с наружной стороны является наиболее часто применяемым, так как теплоаккумулирующие способности стен в данном случае в 6 раз выше, то есть остывает стена медленнее [5].

Размещение теплоизоляционного слоя внутри стены имеет свои преимущества, но требует обязательного устройства двухсторонней пароизоляции. Способ, при котором происходит совмещение теплоизоляционного материала с воздушной прослойкой также имеет свои ограничения в виде рационального размещения воздушной прослойки для обеспечения оптимального тепло-влажностного режима эксплуатации [6]. Таким образом, способ размещения теплоизоляционного слоя определяет надёжность и долговечность теплозащиты ограждающих конструкций.

Проблемой всех способов теплозащиты стен зданий при эксплуатации является отсутствие визуализации физических процессов, происходящих в многослойных конструкциях. С вопросами долговечности связана оценка эксплуатационной пригодности³ [7]. Поэтому для целей прогнозирования долговечности многослойной конструкции необходимо применить методику интегрирования разноструктурных строительных материалов в единую систему ограждающих конструкций, подверженных воздействию одних и тех же факторов.

¹ Свод правил СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2009. / Минрегионразвития РФ. — М., 2012. 96 с.,

Федеральный закон об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации «Об энергосбережении» № 261 от 23 ноября 2009 г.

² СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Нормы проектирования. — М: Госстрой, 2004. 38 с.

³ Физика среды и ограждающих конструкций: учебное пособие / А.Н. Шихов; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». — Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. — 218 с.

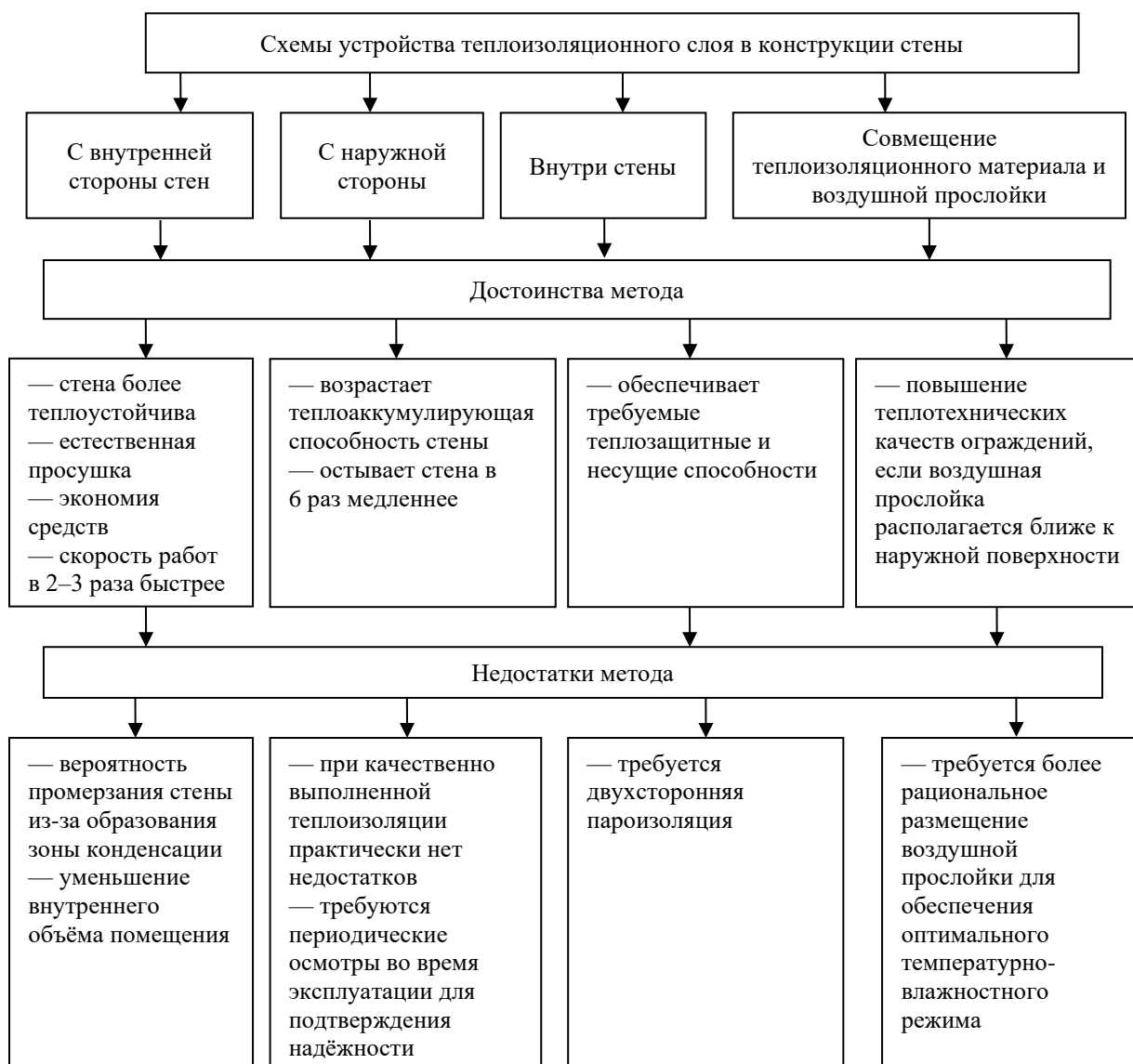


Рисунок 1. Анализ схемы устройства теплоизоляционного слоя наружных стен (составлено автором)

В нормативной документации существуют методы прогнозирования долговечности отдельно взятых материалов, составляющих многослойную конструкцию стены: по несущей способности (ГОСТ 12091-2011) и по теплозащите (ГОСТ Р 57418-2017).⁴ В методиках заложены принципы циклических испытаний попеременного замораживания, оттаивания и воздействия температур в климатической камере [8–10]. Долговечность всей многослойной конструкции стен рассматривается с позиции воздействия солнечной радиации в научных трудах С.В. Коканина.⁵

⁴ ГОСТ EN 12091-2011. Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения морозостойкости. 01.07.2013, 16 с.

ГОСТ Р 57418-2017. Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации. 2017-07-01, 20 с.

⁵ Коканин С.В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: специальность 05.23.05 «Строительство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора психологических наук / Коканин Сергей Владимирович; Ивановский государственный архитектурно-строительный университет. — Иваново, 2011. — 170 с.

Ввиду отсутствия единой методики определения долговечности ограждающих конструкций есть необходимость в оценке сроков службы всей многослойной системы, исходя из теоретических расчётов физического износа каждого слоя отдельно при условии воздействия неблагоприятных факторов, связанных с системой устройства теплоизоляционного слоя конструкции стены.

Учитывая накопленный опыт по эксплуатации многослойных стен зданий, можно определить степень воздействия совокупности внешних факторов на износ материалов, что влияет на долговечность, то есть долговечность теплозащиты стен можно определить в годах, в течении которых многослойная конструкция удовлетворяет теплозащитным требованиям. При этом необходимо учитывать, что долговечность стены в целом определяется по критерию потери теплозащитных свойств материала с более низким сроком службы.

Предлагается для прогнозирования долговечности многослойной конструкции ввести два коэффициента K_1 и K_2 , корректирующих соответственно средний износ (срок службы) и схему устройства теплоизоляционного слоя в конструкции (табл. 1).

Таблица 1

Моделирование прогнозного срока эксплуатации многослойной конструкции

Наименование слоёв	Нормативный срок службы, лет	Текущий срок службы, лет	K_{1i}	K_{2i}	$\frac{1}{T_n} \cdot P_{ij}$
Защитный слой	$T_{н1}$	X_1	$K_{1.1}$	$K_{2.1}$	$\left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_1 \cdot K_{1.1} \cdot K_{2.1} \right)$
Утеплитель	$T_{н2}$	X_2	$K_{1.2}$	$K_{2.2}$	$\left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_1 \cdot K_{1.2} \cdot K_{2.2} \right)$
Стена	$T_{н3}$	X_3	$K_{1.3}$	$K_{2.3}$	$\left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_1 \cdot K_{1.3} \cdot K_{2.3} \right)$
Итого долговечность многослойной конструкции	$T_э^{об} = \sum \frac{1}{T_n} \cdot P_{ij} = \left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_1 \cdot K_{1.1} \cdot K_{2.1} \right) + \left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_2 \cdot K_{1.2} \cdot K_{2.2} \right) + \left(\frac{1}{T_{н1}} \cdot X_3 \cdot K_{1.3} \cdot K_{2.3} \right)$				

K_1 — коэффициент срока службы (физического износа); K_2 — коэффициент, учитывающий размещение теплоизоляционного слоя в ограждающей конструкции. Составлено автором

Следовательно, эксплуатационная долговечность многослойной конструкции можно представить как суммарную работу всех слоёв, находящихся под влиянием не только выбранного материала утеплителя, но и с учётом схемы его размещения в конструкции стены.

Расчёт суммарного коэффициента долговечности позволяет определить общую величину накопленного износа всей конструкции стены и является показателем для принятия решения по необходимому капитальному ремонту теплоизоляционного слоя.

Данный подход моделирования прогнозного срока эксплуатации многослойной конструкции по накопленному физическому износу служит руководством к оценке возможности дальнейшей эксплуатации стен с учётом их теплозащитных функций. Таким образом, чтобы в дальнейшем оценить воздействие негативных факторов на конструкции

многослойного элемента (наружной стены), необходимо учитывать суммарный накопленный износ всех слоёв.

Заключение

Представленный подход к оценке оставшегося срока службы многослойной конструкции с учётом физического износа каждого слоя и с применением коэффициента, определяющего схему размещения теплоизоляционного слоя, позволит более точно определить в дальнейшем эффективный срок службы конструкции с учётом факторов воздействия: тепловлажностный режим эксплуатации, технологический фактор, фактор старения материалов под воздействием ультрафиолетового облучения.

То есть, долговечность многослойных ограждающих конструкций необходимо рассматривать как снижение теплозащитных свойств с учётом многих факторов, но с коррекцией на временной фактор, оцениваемый как накопленный износ всех слоёв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / В.Г. Гагарин // Academia. Архитектура и строительство. — 2009. — № 5. — С. 297–305.
2. Ершов М.Н., Бабий И.Н., Меньлюк И.А. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции // Технология и организация строительного производства. 2015. № 4-1(9). С. 43–47.
3. Лapidус А.А., Говоруха П.А. Организационно-технологический потенциал ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 143–149.
4. Лысёв В.И., Чурюмов М.С., Шилин А.С. Оценка потенциала теплопотребления для зданий общежитий. В сборнике: VII Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Материалы конференции. Санкт-Петербург, Россия, 2015, С. 394–397.
5. Лысёв В.И., Чурюмов М.С., Шилин А.С. Энергетические показатели зданий учебных корпусов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. 2015. № 1. С. 33–37.
6. Шилкин Н.В. Энергоэффективные дома Дании / Н.В. Шилкин, А.Е. Насонова // Здания высоких технологий. 2014. Лето. С. 72–78.
7. Данилов, Н.Д. Прогнозирование температурного режима угловых соединений наружных ограждающих конструкций / Н.Д. Данилов, В.Ю. Шадрин, Н.Н. Павлов // Промышленное и гражданское строительство. — 2016. — № 1-2. — С. 28–31.
8. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Павлов А.Е., Гереханов Х.В., Делов И.А., Яновская А.В. Некоторые аспекты выбора методики испытаний при определении морозостойкости центрифугированных бетонов // Вестник Евразийской науки, 2020 № 1, <https://esj.today/PDF/55SAVN120.pdf>.

9. Щуцкий В.Л., Стельмах С.А., Насевич А.С., Щербань Е.М., Эдигер В.В., Игнатъева И.Ю. Исследование зависимости некоторых физико-механических характеристик и показателей долговечности тяжелых бетонов от вида технологии их получения // Вестник Евразийской науки, 2019, № 3 URL: <https://esj.today/PDF/31SAVN319>.
10. Сайбель, А.В. Энергоэффективные дома. Фундамент для энергоэффективного дома / А.В. Сайбель // Научное обозрение. — 2014. — № 11-2. — С. 393–395. — EDN TUGCKR.

Shibaeva Galina Nikolaevna

Siberian Federal University, Abakan, Russia
E-mail: shibaevagn@mail.ru

Gumarov Denis Alexandrovich

Siberian Federal University, Abakan, Russia
E-mail: Denis-Gumarov@mail.ru

Features of calculating the durability of multilayer enclosing structures

Abstract. The modern approach to thermal protection of building enclosing structures provides for multi-layered walls. During the construction period, according to the standards that determine special requirements for thermal protection of walls, considerable experience has been accumulated in design schemes and the choice of thermal insulation material, but there is no unified methodology for determining the durability of multilayer enclosing structures.

The article systematizes the approach to the schemes of the thermal insulation layer in the wall structure, highlights the main advantages and disadvantages of each scheme, which is linked to the main indicators of reliability and durability of thermal protection of enclosing structures. The problem of assessing the durability of multilayer walls of buildings in connection with the different service lives of the constituent elements is also identified.

To predict the durability of multilayer wall structures, the authors propose to introduce corrective coefficients that take into account the service life and schemes of the thermal insulation layer in structures included in the calculation of the integral coefficient of durability.

This approach makes it possible to model the projected service life of multilayer enclosing structures based on the accumulated physical wear of all layers.

Keywords: multilayer enclosing structures; durability of thermal protection; durability of multilayer walls; thermal insulation layer; corrective coefficients; projected service life