

УДК 69.059.4

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: kupriyan@kgasu.ru

Иванцов А.И. – аспирант

E-mail: ivantsov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

К ВОПРОСУ О ДОЛГОВЕЧНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

АННОТАЦИЯ

Показано, что сроку службы наружного ограждения и долговечности материалов, его составляющих, следует уделять не меньше внимания, чем обеспечению его теплозащиты. Дан анализ понятиям долговечность и нормирование долговечности. Сформулированы первоочередные задачи по исследованию долговечности и срока службы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ограждающие конструкции, долговечность, срок службы, нормирование.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor, corresponding member of RAACS

Ivantsov A.I. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

TO THE QUESTION OF DURABILITY OF MULTILAYER ENCLOSING STRUCTURES

ABSTRACT

It is shown that for the service life of outdoor fencing and durability of its materials should be given no less attention than ensuring its heat protection. The concepts of durability and rationing of durability are analyzed. Priorities for the study of durability and service life are formulated.

KEYWORDS: enclosing structures, durability, service life, rationing.

Введение

Начало нового века в нашей стране ознаменовалось повышенным вниманием к энергоэффективности зданий. Это проявилось внесением изменений в СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника» [1] и последующей его заменой на СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [2], когда требуемое приведенное сопротивление теплопередаче стеновых ограждающих конструкций было повышено в 2,5-3 раза. Выполнить эти требования стало возможным лишь в многослойных конструкциях с применением эффективных теплоизоляционных материалов. Причем применение многослойных конструкций стало настолько стремительным, а разнообразие материалов столь обширным, что научное сопровождение не успевало за этими объемами, и стали выявляться определенные недостатки многослойных ограждений. А именно, при высокой степени теплоизоляции срок службы некоторых материалов и особенно конструктивных решений на их основе не достигал и 15-20 лет. Об этом свидетельствуют как лабораторные испытания ряда конструкций, например фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем [3, 4], так и натурные исследования ограждений зданий с облицовочным слоем из кирпича [5].

Известно, что с применением эффективных теплоизоляционных конструкций снижаются расходы на отопление зданий, но расчеты по энергоэффективности зданий не учитывают расходы на капитальный ремонт наружного ограждения в процессе эксплуатации. В работе [6] отмечается, что «при долговечности материалов и конструкций меньше 50 лет затраты на ремонт многослойных стеновых конструкций ... превышают ожидаемую экономию средств от снижения расходов на отопление при эксплуатации». И, с этой точки зрения, сроку службы наружного ограждения и долговечности материалов, его составляющих, следует уделять не меньше внимания, чем просто обеспечению его теплозащиты.

Понятие долговечности

Понятие «долговечность» часто используется в научной, технической и нормативной литературе, однако в различных источниках в это понятие вкладывается различный смысл.

Чаще всего долговечность определяется по результатам испытаний материалов на морозостойкость, влагостойкость, атмосферостойкость, биостойкость, коррозионную стойкость и т.п. [7-10]. Эти испытания проводят, как правило, по стандартным методикам в условиях, отличающихся от эксплуатационных воздействий в ограждениях зданий, и отождествляют эту «стойкость» материала с долговечностью этого материала в ограждающих конструкциях при эксплуатации будет неправомерно [11].

В некоторых работах, например [12, 13], при описании изменения эксплуатационных качеств ограждающих конструкций и зданий в целом используют аналогичное понятие – износ.

Наибольшую информативность в понятие долговечность вносят нормативные документы по надежности в технике [14] и строительных конструкциях [15]. Возникает комплексный показатель – надежность, который в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать: работоспособность, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость или их сочетания.

Рассмотренные понятия долговечность и срок службы находят использование в нормативных документах по ограждающим конструкциям.

Так, в СНиП II-В.6-62 «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования» [16] в п. 1.6 записано: «долговечность ограждающих конструкций определяется сроком их службы без потери требуемых эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации». В этом определении заложена количественная характеристика долговечности – срок службы, который зависит как от климатических условий, так и от эксплуатационных воздействий на ограждение в целом и на их материалы в отдельности.

Под долговечностью понимают свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное состояние изделия определяется в зависимости от его назначения, конструктивных особенностей и режима эксплуатации. Предельное состояние ремонтируемых изделий определяется неэффективностью их дальнейшей эксплуатации из-за старения и частых отказов или увеличения затрат на ремонт.

Различают:

- *физическую долговечность*, которая зависит от физико-технических характеристик конструкций: прочности, тепло- и звукоизоляции, герметичности и других параметров;
- *моральную долговечность*, которая зависит от соответствия здания своему назначению по функции, эстетическим качествам, архитектуре и т.п.

Существует понятие *оптимальная долговечность*, определяемая сроком службы здания, в течение которого экономически целесообразно его восстанавливать. Однако наступает такой срок, когда затраты на восстановление здания становятся нецелесообразными.

Надежность здания (вероятность его безотказной работы), долговечность и износ могут быть представлены во взаимосвязи графически, как показано на рис. 1 [12]. На этом рисунке в качестве предельного состояния принят износ, равный 50 %.

Долговечность является качественным свойством материала изделия или конструкции, т.е., можно сказать, один материал долговечнее другого. Количественной мерой долговечности является календарное время службы до достижения предельного состояния – срок службы.

Наиболее важными количественными показателями долговечности ограждающих конструкций являются:

- средний срок службы (математическое ожидание в терминах теории вероятности);
- средний срок службы до первого среднего (капитального) ремонта (сравнительная долговечность);
- средний срок службы между смежными средними (капитальными) ремонтами;
- средний срок службы до исчерпания эксплуатационной способности, т.е. до предельного состояния с учетом средних (капитальных) ремонтов (фактическая долговечность).

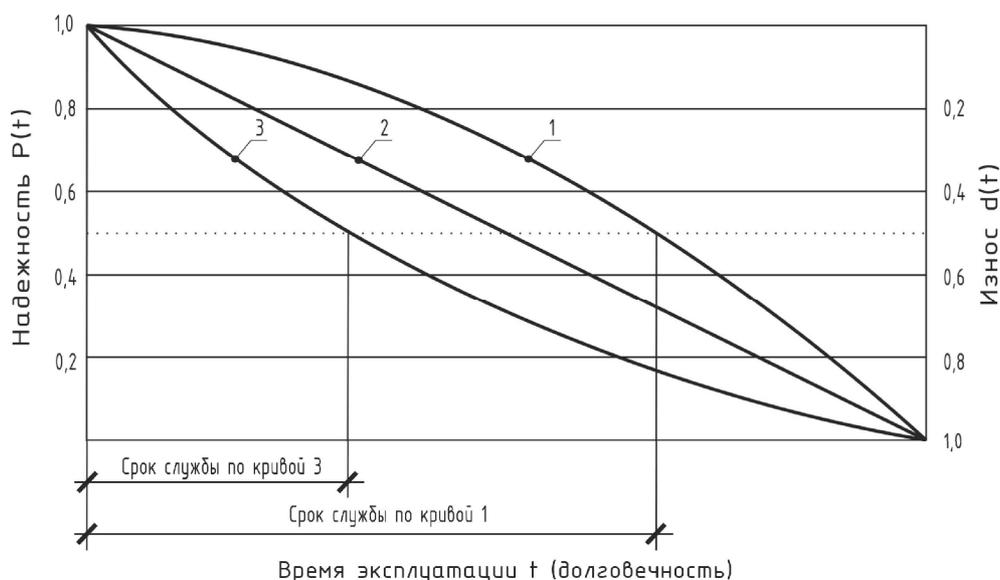


Рис. 1. Зависимость износа от времени эксплуатации. Характер кривых 1, 2, 3 определяется механическими, физическими, химическими или биологическими процессами старения материалов

Нормирование долговечности

Долговечность материалов является также экономической категорией. Чем дольше служит материал, тем меньше требуется эксплуатационных затрат для поддержания работоспособности конструкции: ремонты текущие, средние, капитальные или замена материала, не выполняющего свои функции.

Конструкцию наружного ограждения можно считать оптимальной, если долговечность всех функциональных слоев и деталей будет одинакова. Если не удастся создать такую ограждающую конструкцию и в ней использованы материалы разной долговечности, то конструкция ограждения должна предусматривать упрощенную замену материалов или узлов на новые (текущий, средний или капитальный ремонт). В терминах теории надежности это означает, что конструкция должна быть ремонтпригодной.

Таким образом, в распоряжении проектировщика должна быть информация о долговечности (сроках службы) различных материалов при определенных эксплуатационных воздействиях. С другой стороны, в задании на проектирование должен быть указан класс капитальности здания и соответствующая степень долговечности ограждающих конструкций.

Впервые классификация ограждающих конструкций по степени долговечности была предложена в СНиП II-V.6-62 «Ограждающие конструкции. Нормы проектирования» [16]. Предложены три степени долговечности ограждающих конструкций: I степень – со сроком службы не менее 100 лет, II степень – не менее 50 лет и III степень – не менее 20 лет.

Через десять лет эта глава СНиП была отменена, и работы по нормированию долговечности ограждающих конструкций были остановлены на десятилетия. В 1986 году [17] эти работы были продолжены. Предложена та же классификация степени долговечности ограждающих конструкций, что и в СНиП II-V.6-62 (100, 50 и 20 лет). В РСН 58-86 [17] указывается, что степень долговечности ограждающих конструкций устанавливается в зависимости от класса капитальности зданий.

В то же время, классы капитальности жилых зданий, приводимые в СНиП II-L.1-71* «Жилые здания. Нормы проектирования» [18], впоследствии были отменены.

В Рекомендациях 1983 года [19] нормативный срок службы наружных стен определен в 100-150 лет, что приравнивается к сроку службы всего здания.

Итак, если в задании на проектирование здания указан класс капитальности здания и соответствующая ему степень долговечности ограждающих конструкций, то становится понятной задача подбора материалов для функциональных слоев ограждения и деталей определенной степени долговечности.

В СНиП II-В.6-62, п. 1.8 [16] сформулированы требования к обеспечению заданной степени долговечности. «Требуемую степень долговечности ограждающих конструкций следует обеспечивать применением материалов, имеющих *надлежащую стойкость* (морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и других разрушающих воздействий окружающей среды), а также соответствующими конструктивными решениями, предусматривающими в случае необходимости специальную защиту элементов конструкций, выполняемых из достаточно стойких материалов».

В 2003 году в СНиП 23-02-2003 [2] включен п. 4.1, в котором воспроизведен п. 1.8 СНиП II-В.6-62 [16], но регламентация понятия «надлежащая стойкость» отсутствует, в связи с чем п. 4.1 СНиП 23-02-2003 теряет смысл. Аналогичный пункт сохранен и в актуализированном СНиП 23-02, смысл которого также потерян.

В стандарте организации Российского общества инженеров строительства [20] предпринята попытка нормировать долговечность наружных стен. В основу нормирования положены конструктивные особенности несущих систем, ограждающих конструкций и используемых материалов для теплоизоляционных и облицовочных слоев. В нормативном документе [20] приведено подробное описание конструкций и материалов десяти типов ограждающих конструкций с прогнозируемой долговечностью от 50 до 150 лет. Выборы из нормативного документа по прогнозируемой долговечности наружных стен зданий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прогнозируемая долговечность наружных стен здания [20]

№ п/п	Характеристика зданий, наружных стен и других конструктивных элементов	Прогнозируемая долговечность, годы
1	Монолитные и сборно-монолитные (высотой до 30 этажей) , наружные стены с металлическим каркасом и пустотелыми крупноформатными камнями из пористой керамики, полистирольными, ячеистобетонными автоклавными блоками, огнестойкими пенополиуретановыми плитами повышенной плотности с наполнителями, минераловатными плитами из базальтового волокна повышенной жесткости, облицованные керамическим кирпичом или крупноразмерными плитами из природного и искусственного камня	150
2	Кирпичные , наружные стены самонесущие из сплошной кладки, выполненной из пустотелых крупноформатных камней из пористой керамики общей толщиной с лицевым кирпичным слоем в 2,5 кирпича, усиленные металлическими сетками или железобетонными поясами	150
3	Монолитные и каркасные железобетонные (высотой до 12 этажей) , наружные стены с несущими монолитными железобетонными межоконными простенками или ненесущими из кирпича и камня, утепленные жесткими минераловатными, пенополиуретановыми плитами, закрепленными дюбелями к несущей части наружной стены, оштукатуренными по капроновой или металлической сетке	150
4	Мелкоблочные (высотой до 5 этажей) , наружные стены самонесущие и ненесущие из мелких ячеистобетонных блоков, легкобетонных камней полистиролбетонных блоков, облицованных кирпичом	100
5	Каркасные из легких наружных металлических панелей (высотой до 12 этажей) , наружные стены ненесущие из навесных панелей с металлическими облицовками с минераловатными, пенополиуретановыми утеплителями (типа «сэндвич»)	70

В том же нормативном документе приведена таблица продолжительности эффективной эксплуатации различных конструкций наружных стен до первого капитального ремонта. Выборка из полной таблицы нормативного документа приведена в табл. 2.

Таблица 2

Продолжительность эксплуатации наружных стен до первого капитального ремонта [20]

№ п/п	Характеристика наружных стен	Продолжительность эксплуатации до первого капитального ремонта, годы
1	Каркасные из металла со стенами из пустотелых крупноформатных камней из пористой керамики с морозостойкостью F35-F50, облицованные керамическим кирпичом или крупноформатными плитами из природного и искусственного камня с морозостойкостью не менее F50	80
2	Каркасные из металла со стенами из пустотелого керамического кирпича, камней с морозостойкостью F35-F50, утепленные полистиролбетонными, ячеистобетонными автоклавными блоками, минераловатными, базальтовыми плитами повышенной жесткости, облицованные керамическим кирпичом или крупноформатными плитами из природного и искусственного камня с морозостойкостью не менее F50	60
3	Монолитные железобетонные, кирпичные (F35), утепленные жесткими минераловатными плитами на дюбелях, облицованные керамическим кирпичом с морозостойкостью не менее F35	35
4	Монолитные железобетонные, кирпичные (F35) с бесперессывыми пенополистирольными плитами на дюбелях, с противопожарными рассечками из минераловатных плит, оштукатуренные по металлической или капроновой сетке	25
5	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных пенополистирольными экструдированными плитами	45
6	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных с бесперессывыми пенополистирольными плитами	35
7	Из трехслойных железобетонных панелей, утепленных пенополиуретановыми плитами	60

В настоящей статье не будем анализировать обоснованность нормативов долговечности наружных стен и продолжительности их эксплуатации до первого капитального ремонта, приведенных в [20], но сам факт появления этих нормативов является необходимым условием для проектирования долговечности ограждающих конструкций и подбора материалов для них, имеющих «надлежащую стойкость».

Процесс износа и его восстановление

Износ ограждающих конструкций по определению [12] проходит через четыре стадии: малый износ, повреждения, разрушения и полный износ. Интенсивность износа ограждающих конструкций определяется физико-химическими или биологическими процессами старения, как это показано на рис. 1. Процессы старения материалов в ограждениях зависят от конструкции ограждения, использованных материалов и характера эксплуатационных воздействий.

Износ ограждающих конструкций может быть замедлен, а долговечность ограждений, соответственно, увеличена за счет текущих и капитальных ремонтов.

Характер процесса износа и его восстановления схематически показан на рис. 2 [12]. Однако, по мнению некоторых специалистов, значимость текущего ремонта со временем ослабевает, и зависимость этого влияния от времени в период между капитальными ремонтами можно представить, как показано на вставке.

Из рис. 2 можно видеть, что один и тот же уровень износа (на рис. 2 это 50 %) с применением текущих и капитальных ремонтов достигается за более продолжительное время, чем без ремонтов (кривая естественного износа).

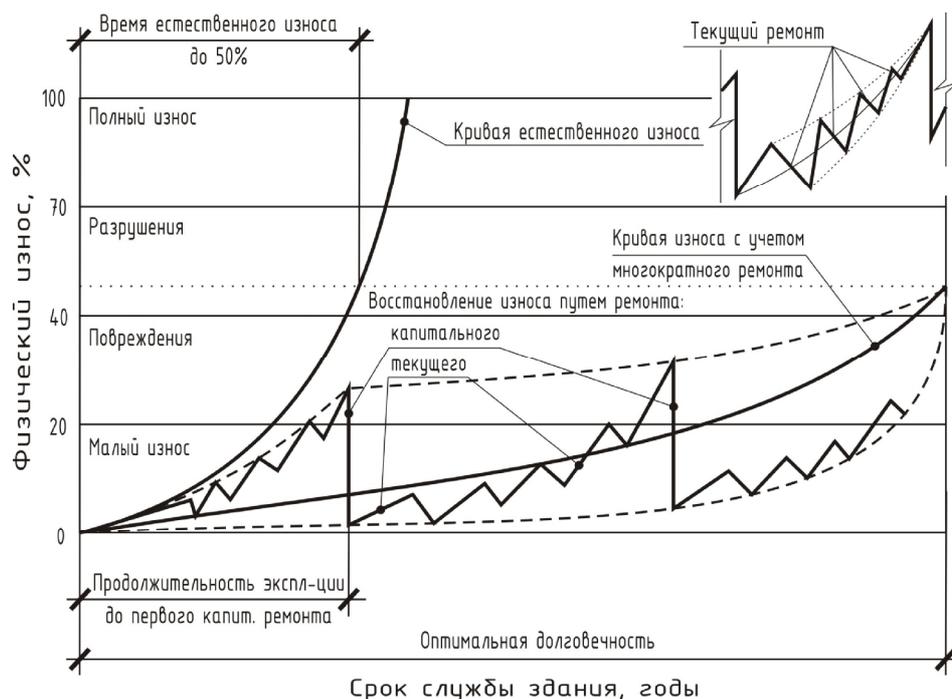


Рис. 2. Зависимость износа конструкции от времени эксплуатации

Определение долговечности и срока службы

Если известна кинетика изменения свойств материала при эксплуатационных воздействиях и величина предельного состояния определяющего свойства материала, то его срок службы определяется по схеме, аналогичной рис. 1. Из этого рисунка видно, что для одной и той же степени износа (на рис. это 50 %) срок службы зависит от кинетической кривой старения. В соответствии с этим, «надлежащая стойкость» материалов, которая обеспечит заданный (нормативный) срок службы ограждающих конструкций, может быть определена через построение кинетических кривых изменения определяющих свойств материалов при эксплуатационных воздействиях. Под термином «определяющие свойства» следует понимать основные свойства функциональных слоев ограждения, которые в первом приближении представлены ниже:

- для конструктивных слоев – прочность, морозостойкость;
- для теплоизоляционных слоев – теплопроводность, влагостойкость, паропроницаемость;
- для облицовочных слоев – прочность, морозостойкость, атмосферостойкость, водостойкость, декоративные качества.

Вышеизложенное позволяет сформулировать перечень первоочередных задач по определению долговечности и срока службы многослойных ограждающих конструкций:

1. Установить перечень и количественные параметры эксплуатационных воздействий на функциональные слои многослойных ограждений (конструктивных, теплоизоляционных и облицовочных).
2. Установить закономерности процессов старения материалов функциональных слоев при эксплуатационных воздействиях.
3. Разработать ускоренные режимы испытаний материалов функциональных слоев на старение в лабораторных режимах, адекватных эксплуатационным.
4. Провести ускоренные лабораторные испытания по режимам, адекватным эксплуатационным воздействиям, некоторых наиболее используемых материалов в многослойных ограждениях.
5. Исследовать, обосновать и предложить количественные параметры предельного состояния материалов функциональных слоев по определяющим свойствам материалов.
6. Разработать метод прогнозирования долговечности и сроков службы ограждающих конструкций на основе кинетики старения материалов слоев, полученных при ускоренных лабораторных испытаниях, и предельного состояния этих материалов по определяющим свойствам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий
3. Бессонов И.В. Исследование стойкости фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем к температурно-влажностным воздействиям // Сборник «Труды I Всероссийской научно-технической конференции» (Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования). – СПб., 2008. – С. 199-207.
4. Бессонов И.В. Фасады тонкие, но стойкие... // Строительство, 2008, № 10. – С. 123-125.
5. Лобов О.И., Ананьев А.И. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции // Строительные материалы, 2008, № 4. – С. 56-59.
6. Кнатко М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал, 2008, № 2.
7. ГОСТ 10060.1-95. Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости.
8. ГОСТ 9.908-85. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
9. ГОСТ 19100-73. Метод испытания клеевых соединений на атмосферостойкость.
10. РВСН 20-01-2006. Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды.
11. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций // НИИСФ РААСН, 2003.
12. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. Учебное пособие для вузов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1986. – 256 с.
13. Порывай Г.А. Предупреждение преждевременного износа зданий. – М.: Стройиздат, 1979. – 284 с.
14. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
15. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований.
16. СНиП II-В.6-62. Ограждающие конструкции. Нормы проектирования.
17. РСН 58-86 Рекомендации по проектированию наружных стен панельных жилых зданий для северной строительной-климатической зоны.
18. СНиП II-Л.1-71*. Жилые здания. Нормы проектирования.
19. Рекомендации по определению сроков службы конструкций полносборных жилых зданий. / Отдел научно-технической информации АКХ, Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – М., 1983.
20. СТО 00044807-001-2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий». – М., 2006.
21. Ли А.В. Долговечность энергоэффективных полимерсодержащих ограждающих конструкций. Диссертация на соиск. степени канд. техн. наук. – Хабаровск, 2003.

REFERENCES

1. SNiP II-3-79*. Building heat engineering.
2. SNiP 23-02-2003. Thermal protection of buildings.
3. Bessonov I.V. Investigation of resistance of facade systems with a thin plaster layer for temperature and humidity effects // Digest «Trudy I Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii» (Stroitel'naya teplotekhnika: aktualnye voprosy normirovaniya). – SPb., 2008. – P. 199-207.
4. Bessonov I.V. Facades subtle but persistent ... // Stroitelstvo, 2008, № 10. – P. 123-125.
5. Lobov O.I., Ananiev A.I. The durability of facing layers of the exterior walls of multi-storey buildings with a higher level of insulation // Stroitelnye materialy, 2008, № 4. – P. 56-59.
6. Knatko M.V., Efimenko M.N., Gorshkov A.S. On the question of durability and efficiency of modern fencing wall structures of residential, office and industrial buildings // Inzhenerno-

- stroitelnyi zhurnal, 2008, № 2.
7. GOST 10060.1-95. Concrete. The basic method of determining frost resistance.
 8. GOST 9.908-85. Metals and alloys. Methods for determining rates of corrosion and corrosion resistance.
 9. GOST 19100-73. The method of testing adhesive compound on weathering.
 10. RVSN 20-01-2006. Protection of building structures and buildings from corrosive chemical, and biological effects of the environment.
 11. Aleksandrovskii S.V. The durability of outdoor enclosing structures // NIISF RAASN, 2003.
 12. Boyko M.D. Maintenance and repair of buildings and structures. Uchebnoe posobie dlya vuzov. – L.: Stroyizdat, Leningr. otделение, 1986. – 256 p.
 13. Poryvai G.A. Preventing premature deterioration of buildings. – M.: Stroyizdat, 1979. – 284 p.
 14. GOST 27.002-89. Reliability engineering. Basic concepts. Terms and definitions.
 15. GOST 27751-88. Reliability of structures and grounds.
 16. SNiP II-B.6-62. Protecting designs. Design standards.
 17. RSN 58-86 Design guidelines of panel exterior walls of residential buildings in the northern construction-climatic zone.
 18. SNiP II-L.1-71 *. Residential buildings. Design standards.
 19. Recommendations for determining the service life of structures residential buildings // Otdel nauchno-tehnicheskoy informatsii AKH, ministerstvo zhilishchno-kommunalnogo hozyaystva RSFSR. – M., 1983.
 20. STO 00044807-001-2006 «Thermal barrier properties of building envelopes». – M., 2006.
 21. Lee A.V. Durability of polymer-containing energy-efficient building envelopes. Thesis for the degree of candidate of technical. Science. – Khabarovsk, 2003.