

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)**



**федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)**

Research Institute of Building Physics
Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAACS)

УТВЕРЖДАЮ
Директор НИИСФ РААСН

Шубин И.Л.
«___» _____ 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по теме:
**Расчёт срока эффективной эксплуатации
изделий из минеральной ваты теплоизоляционных, применяемых в
строительстве IZOLIFE производства ООО «ВКТМ»**

Договор № 12500(2024) от «06» декабря 2024 г.

Рук. сектора испытаний теплофизических
характеристик строительных материалов,
вед.науч.сотр. лаб. строит. теплофизики, к.т.н.

П.П. Пастушков

Москва, 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Методика испытаний для расчета срока эффективной эксплуатации минераловатных теплоизоляционных материалов	5
1.1 Сущность метода испытаний	5
1.2 Испытательное оборудование и средства контроля	5
1.3 Подготовка к испытаниям	6
1.4 Проведение испытаний	8
1.5 Обработка результатов испытаний	9
1.6 Оценка результатов испытаний	10
2. Результаты исследований теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации	11
3. Расчет срока эффективной эксплуатации по изменению теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	16
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	21

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации ограждающих конструкций теплофизические показатели применяемых теплоизоляционных материалов меняются в зависимости от различных факторов. Основным фактором, влияющим на изменение теплофизических показателей, для всех типов теплоизоляционных материалов является температурно-влажностный режим, при котором эксплуатируется ограждающая конструкция. Влажностное состояние теплоизоляционных материалов в составе ограждающих конструкций изменяется в зависимости от конструктивных особенностей, свойств материалов, температурно-влажностных условий в помещениях, климатических условий района строительства. Влажностный режим определяет эксплуатационные свойства ограждающих конструкций зданий. Он непосредственно влияет на долговечность и теплозащитные свойства ограждающих конструкций [1], а также на энергоэффективность применяемых теплоизоляционных материалов [2, 3].

Теплоизоляционный материал в составе ограждающей конструкции увлажняется по следующим механизмам: абсорбция водяного пара из наружного воздуха, сезонное движения влаги в виде пара и жидкости внутри конструкции, увлажнение косыми дождями и т.д. В процессе эксплуатации увлажненный теплоизоляционный материал подвергается циклическим климатическим воздействиям. При этом происходят фазовые переходы влаги в материале: пар конденсируется в воду, вода замерзает в лед и наоборот.

Т.к. основным эффектом от использования теплоизоляционных материалов в составе ограждающих конструкций зданий является повышение теплозащитных характеристик конструкции, то под сроком эффективной эксплуатации следует понимать эксплуатационный период, в течение которого этот материал не изменит либо изменит в рамках допустимых пределов свои теплотехнические показатели. Поэтому прогнозирование срока эффективной эксплуатации включает в себя моделирование эксплуатационных условий минеральной ваты в составе ограждающих

конструкций с периодическим определением фактических теплофизических характеристик материала и последующий расчет значений теплотехнических показателей к концу прогнозируемого периода эксплуатации.

Настоящее заключение посвящено описанию исследований изменений теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации и расчету срока эффективной эксплуатации изделий из минеральной ваты теплоизоляционных, применяемых в строительстве IZOLIFE производства ООО «ВКТМ» по методике СТО НИИСФ РААСН, соответствующей методике ГОСТ Р 57418-2017.

1. Методика испытаний для расчета срока эффективной эксплуатации минераловатных теплоизоляционных материалов

1.1 Сущность метода испытаний

Согласно методики СТО НИИСФ РААСН, соответствующей методике ГОСТ Р 57418-2017, сущность метода заключается в том, что испытываемые материалы подвергались циклическим климатическим воздействиям, имитирующим условия эксплуатации в ограждающих конструкциях, после чего определялись изменения теплофизических характеристик материала (теплопроводности в сухом состоянии и термического сопротивления). По результатам измерений теплофизических характеристик оценивался срок эффективной эксплуатации материала до 50 лет включительно.

Циклические климатические воздействия на испытуемые образцы заключались в увлажнении образцов до предельно допустимого значения влажности минеральной ваты в строительной конструкции и в последующем периодическом замораживании и оттаивании образцов.

Два цикла замораживания-оттаивания приравнивались одному условному году эффективной эксплуатации материала. Образцы материалов испытывались через 30, 60, 100 циклов замораживания-оттаивания, что соответствовало 15, 30, 50 условным годам эффективной эксплуатации.

1.2 Испытательное оборудование и средства контроля

Для проведения испытаний применялось следующее оборудование и средства измерений:

- сушильный шкаф LOIP LF-60/350-GG1, температурный диапазон испытаний до +350 °C;
- весы лабораторные ВМ 510Д, класс точности лабораторных весов - высокий (II), СП № С-ГЯК/02-10-2024/375010854 до 01.10.2025;
- прибор для измерения теплопроводности Lambda-Meter EP500e, СП № С-В/09-12-2024/394692512 до 08.12.2025 г.;
- климатическая камера СМ -30/100-120 TX, температурный диапазон испытаний от -30 °C до +100 °C;

- линейка измерительная металлическая, 0-300 мм, СП № С-АКЗ/21-11-2024/389119729 до 20.11.2025 г.;
- штангенциркуль ЩЦ-1-150 0,05, СП № С-АКЗ/21-11-2024/389119727 до 20.11.2025 г.;
- регистратор температуры и влажности Testo-174H, СП № С-АКЗ/21-11-2024/389119724 до 20.11.2025 г.

1.3 Подготовка к испытаниям

Испытания срока эффективной эксплуатации выполнялись на образцах трёх марок минеральной ваты в виде квадратных пластин с гладкими лицевыми гранями со стороной 300 мм.

Номинальная толщина образцов составляла 50 мм, 100 мм.

Образцы высушивались в лабораторном сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$. Образец считался высшенным до постоянной массы, если разница между двумя последовательными измерениями массы после очередного взвешивания не превышала 0,1% за период не менее 0,5 часа. По ГОСТ 17177 определялась масса каждого образца в сухом состоянии, m_0 , кг.

Максимальная расчетная влажность, соответствующая условиям эксплуатации Б согласно табл. теплотехнических показателей (приложение Т) СП 50.13330 [4], для всех типов минераловатных изоляционных материалов (из каменного и стеклянного волокна) по массе составляет: $w_B=5\%$. Для проведения испытаний на определение срока эффективной эксплуатации данное значение влажности увеличивалось на величину предельно допустимого приращения влажности в материале $\Delta w=3\%$ (согласно таблице 10 [4]). Опытные образцы материалов до проведения циклов замораживания-оттаивания увлажнялись до значения экспериментальной влажности с точностью $\pm 2\%$. Т.е. влажность по массе испытуемых образцов (экспериментальная) составляла

$$w_o = (w_B + \Delta w) \pm 2\% = (8 \pm 2)\%$$

Образцы увлажнялись способом введения воды в образец материала с помощью шприца. Рассчитывался необходимый для введения объем воды для достижения массы образца, близкой к требуемой (экспериментальной). Данный объем вводится в образец по 0,1-0,25 см³ в различные точки образца по всем граням с различной глубиной проникновения иглы шприца.

После достижения требуемого (экспериментального) значения влажности (требуемой массы) образцы заворачивались в полиэтиленовую водонепроницаемую пленку толщиной не менее 0,02 мм по ГОСТ 10354, запаивались по всем граням и помещались в сушильный электрошкаф на 24 ч для равномерного распределения влаги внутри образца. В сушильном электрошкафу поддерживалась температура 65 °С. Во время выдержки в сушильном шкафу образцы переворачивались каждые 4 ч с грани на грань (лицевую либо торцевую). После этого образцы выдерживались 24 ч при комнатной температуре: 12 ч на одной лицевой грани, 12 ч на другой (рис. 1.1).

После выдерживания опытных образцов в сушильном электрошкафу проводилось контрольное взвешивание с учетом массы полиэтиленовой пленки

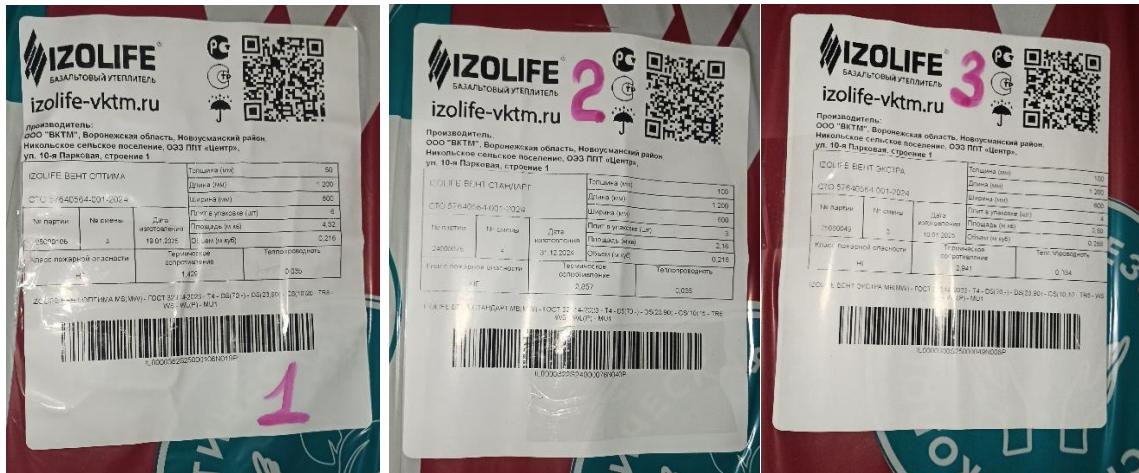


Рис. 1.1 Подготовка образцов к испытаниям

1.4 Проведение испытаний

Для всех образцов определялась теплопроводность в сухом состоянии и термическое сопротивление при средней температуре 25 °С по ГОСТ 7076. Результаты испытаний до проведения циклов замораживания-оттаивания заносились в протоколы.

После увлажнения опытные образцы равномерно размещались по всему рабочему объему климатической камеры с промежутками между ними таким образом, чтобы обеспечить движение воздушных потоков и исключить образование застойных зон (рис. 1.2).

Температура замораживания образцов составляла минус 20 ± 2 °С. Продолжительность замораживания образцов составляла не менее 6 ч. Такая температура замораживания была обоснована экспериментальным фактом фазового перехода воды от жидкого состояния к твердому в порах всех типов строительных материалов при температуре ниже минус 15 °С. Оттаивание образцов осуществлялось при температуре воздуха плюс 20 ± 2°С. Продолжительность времени оттаивания составляла не менее 6 ч.

Через 30, 60, 100 циклов замораживания-оттаивания (15, 30 и 50 условных годовых циклов) отбиралось по 3 опытных образца. Отобранные образцы освобождались от полиэтиленовой пленки и высушивались до постоянной массы. После этого определялась теплопроводность и термическое сопротивление. Соответствующие результаты испытаний заносились в протокол.



Рис. 1.2 Опытные образцы в климатической камере

1.5 Обработка результатов испытаний

За результат каждого испытаний (контрольного, после 15, 30 и 50 условных годовых циклов) по определению теплопроводности и термического сопротивления принимались среднеарифметические значения результатов испытания всех 3-х образцов.

Средние значения теплопроводности в сухом состоянии после контрольного испытания, после 15, 30 и 50 условных годовых циклов наносят на график зависимости теплопроводности, λ , Вт/(м·°C) от количества условных годовых циклов, N , год. Средние значения термического сопротивления после контрольного испытания, после 15, 30 и 50 условных годовых циклов наносились на график зависимости термического сопротивления, R , (м²·°C)/Вт от количества условных годовых циклов, N , год.

Построенные графики аппроксимировались линейной функцией:

$$\lambda(N) = \lambda_0 + k_1 \cdot N, \quad (1.1)$$

$$R(N) = R_0 + k_2 \cdot N, \quad (1.2)$$

где λ_0 – теплопроводность материала в сухом состоянии после контрольных испытаний (до проведения циклов замораживания-оттаивания), Вт/(м·°C); R_0 – термическое сопротивление образца после контрольных испытаний (до проведения циклов замораживания-оттаивания), (м²·°C)/Вт.

Угловые коэффициенты аппроксимирующих прямых, k_1 и k_2 , определялись методами регрессионного анализа. Угловые коэффициенты, k_1 и/или k_2 , могли быть равны нулю в случае, если в ходе испытаний теплопроводность (термическое сопротивление) материала (образца) не менялась после проведения циклов замораживания-оттаивания.

1.6 Оценка результатов испытаний

Определялся расчетный срок эксплуатации, N_p , год, при котором теплопроводность увеличивается не более, чем на 5 % относительно результатов контрольных испытаний, а термическое сопротивление не более, чем на 10 %, по формуле

$$N_{p1} = \frac{0,05\lambda_0}{k_1}, \quad (1.3)$$

$$N_{p2} = -\frac{0,1R_0}{k_2}, \quad (1.4)$$

$$N_p = \min(N_{p1}, N_{p2}). \quad (1.5)$$

Значение расчетного срока эксплуатации, N_p , округлялось до целого числа. Расчетный срок эксплуатации, N_{p1} или N_{p2} , не определялся, если $k_1=0$ или $k_2=0$.

Срок эффективной эксплуатации N_e , год, минераловатного изоляционного материала приравнивался к количеству проведенных условных годовых циклов испытаний, N , год, если в процессе испытаний теплопроводность материала увеличилась не более, чем на 5 % относительно результатов контрольных испытаний либо вообще не изменилась, т.е. если $N \leq N_{p1}$ либо $k_1=0$, и термическое сопротивление уменьшилось не более, чем на 10 % относительно результатов контрольных испытаний либо вообще не изменилось, т.е. если $N \leq N_{p2}$ либо $k_2=0$.

Срок эффективной эксплуатации N_e , год, минераловатного изоляционного материала принимался равным расчетному сроку эксплуатации, N_p , год, если в процессе испытаний теплопроводность материала увеличилась более чем на 5 % или термическое сопротивление уменьшалось более чем на 10 % относительно результатов контрольных испытаний, т.е. если $N > N_p$

$$N_e = \begin{cases} N, & \begin{cases} N \leq N_{p1} \text{ либо } k_1 = 0 \\ N \leq N_{p2} \text{ либо } k_2 = 0 \end{cases} \\ N_p, & N > N_p \end{cases}. \quad (1.6)$$

Описанная методика испытаний для расчета срока эффективной эксплуатации минераловатных теплоизоляционных материалов полностью соответствовала методике, изложенной в СТО НИИСФ РААСН, соответствующей ГОСТ Р 57418-2017 «Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации».

2. Результаты исследований изменения теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации

Осредненные результаты испытаний теплофизических характеристик: контрольных, после 30, 60, 100 циклов замораживания и оттаивания (15, 30 и 50 условных годовых циклов) образцов изделий из минеральной ваты производства производства ООО «ВКТМ» представлены в таблицах 2.1-2.3.

Табл. 2.1 Результаты испытаний образцов изделий марки ВЕНТ ОПТИМА

Этап испытаний	Теплопроводность в сухом состоянии, λ_{25} , Вт/(м·°C)	Термическое сопротивление, R_0 , (м ² ·°C)/Вт
Контрольные испытания	0.036	1.46
Испытания после 30 циклов замораживания и оттаивания (15 условных годовых циклов)	0.036	1.46
Испытания после 60 циклов замораживания и оттаивания (30 условных годовых циклов)	0.037	1.45
Испытания после 100 циклов замораживания и оттаивания (50 условных годовых циклов)	0.037	1.42

Табл. 2.2 Результаты испытаний образцов изделий марки ВЕНТ СТАНДАРТ

Этап испытаний	Теплопроводность в сухом состоянии, λ_{25} , Вт/(м·°C)	Термическое сопротивление, R_0 , (м ² ·°C)/Вт
Контрольные испытания	0.036	2.77
Испытания после 30 циклов замораживания и оттаивания (15 условных годовых циклов)	0.036	2.76
Испытания после 60 циклов замораживания и оттаивания (30 условных годовых циклов)	0.036	2.75
Испытания после 100 циклов замораживания и оттаивания (50 условных годовых циклов)	0.036	2.74

Табл. 2.3 Результаты испытаний образцов изделий марки ВЕНТ ЭКСТРА

Этап испытаний	Теплопроводность в сухом состоянии, λ_{25} , Вт/(м·°C)	Термическое сопротивление, R_0 , (м ² ·°C)/Вт
Контрольные испытания	0.03502	2.85
Испытания после 30 циклов замораживания и оттаивания (15 условных годовых циклов)	0.03520	2.82
Испытания после 60 циклов замораживания и оттаивания (30 условных годовых циклов)	0.0353	2.81
Испытания после 100 циклов замораживания и оттаивания (50 условных годовых циклов)	0.0354	2.80

Фото образцов в процессе испытаний представлены на рис. 2.1-2.12.



Рис. 2.1 Вид контрольного образца изделий марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА

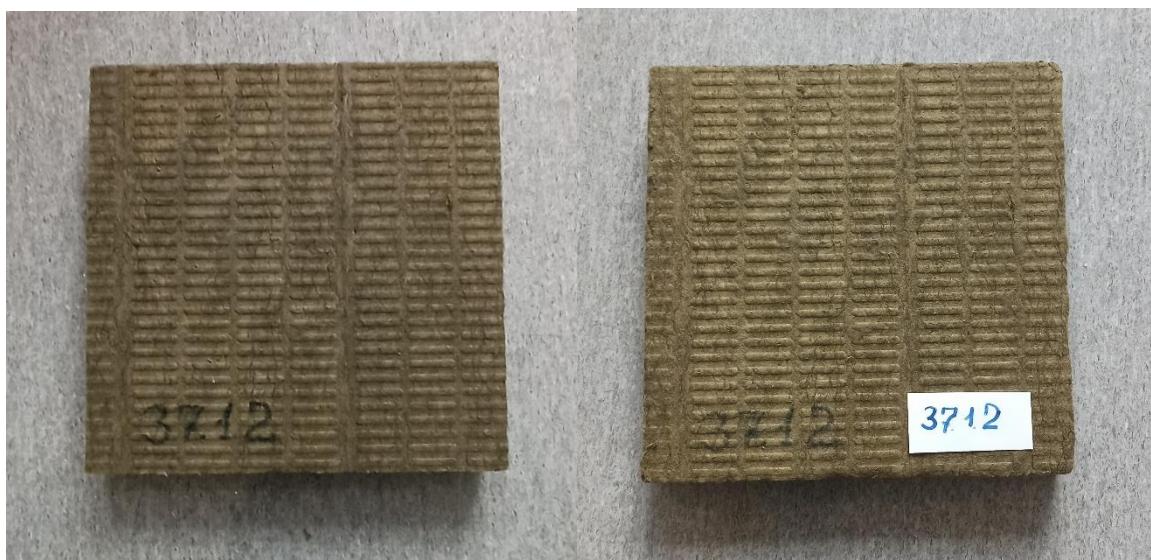


Рис. 2.2 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА до (слева) и после (справа) прохождения 30 циклов замораживания и оттаивания

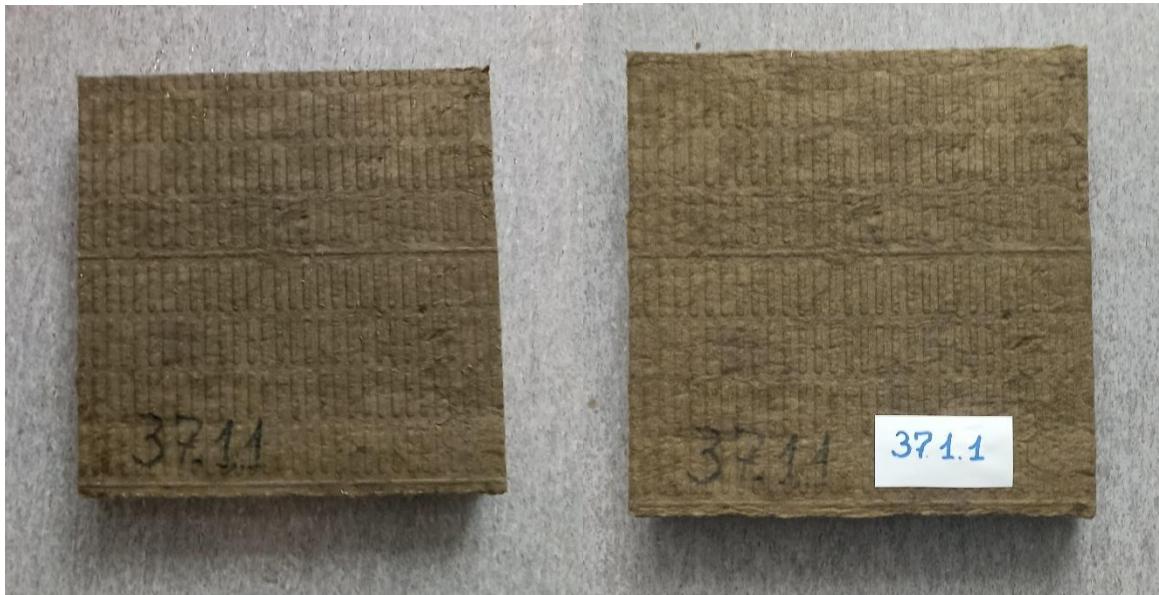


Рис. 2.3 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА до (слева) и после (справа) прохождения 60 циклов замораживания и оттаивания

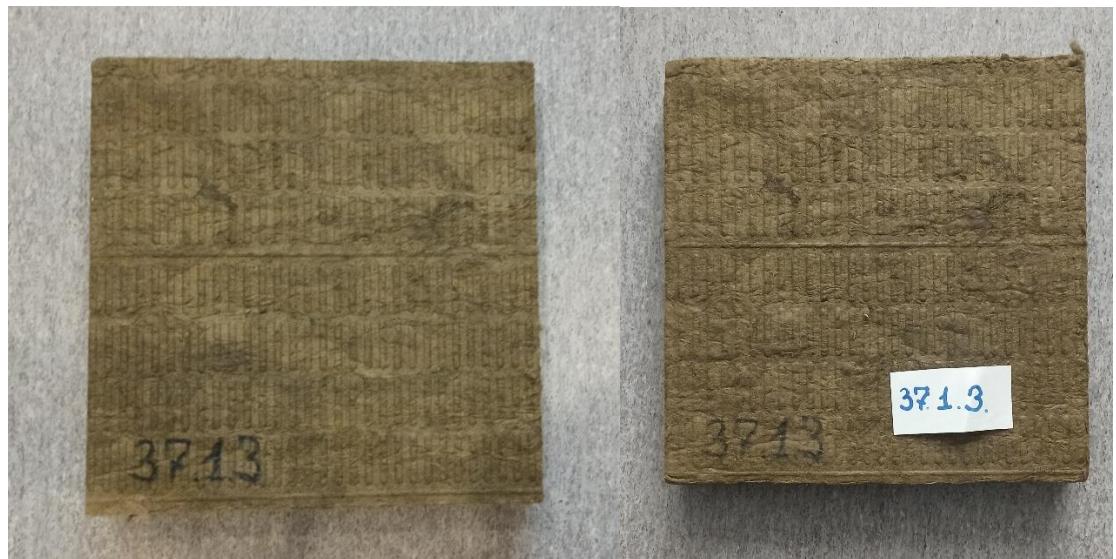


Рис. 2.4 Вид образцов марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА до (слева) и после (справа) прохождения 100 циклов замораживания и оттаивания



Рис. 2.5 Вид контрольного образца изделий марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ

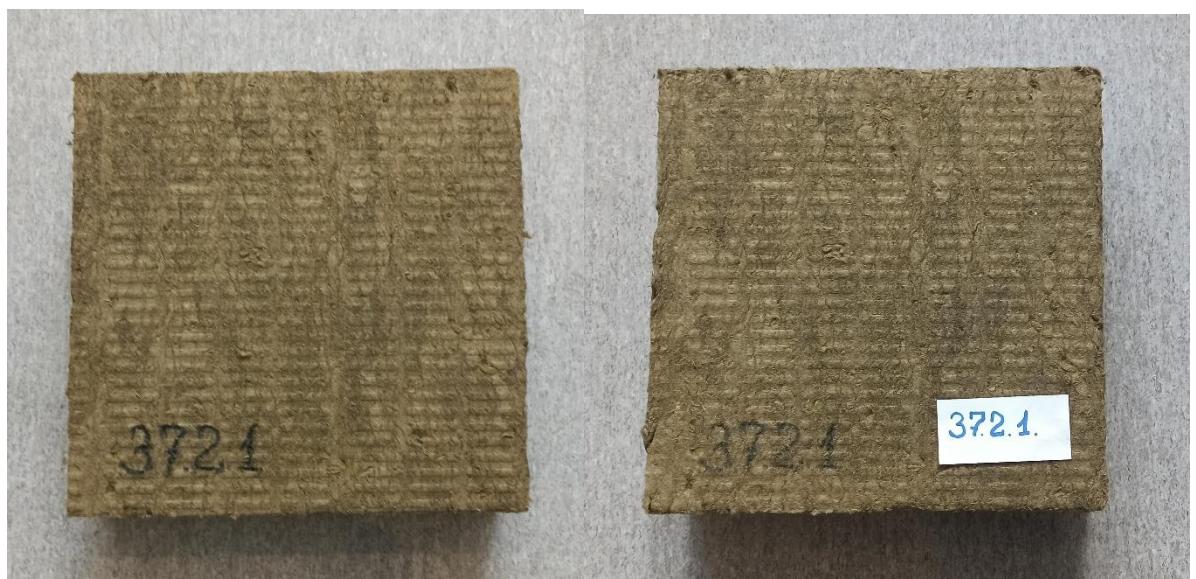


Рис. 2.6 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ до (слева) и после (справа) прохождения 30 циклов замораживания и оттаивания

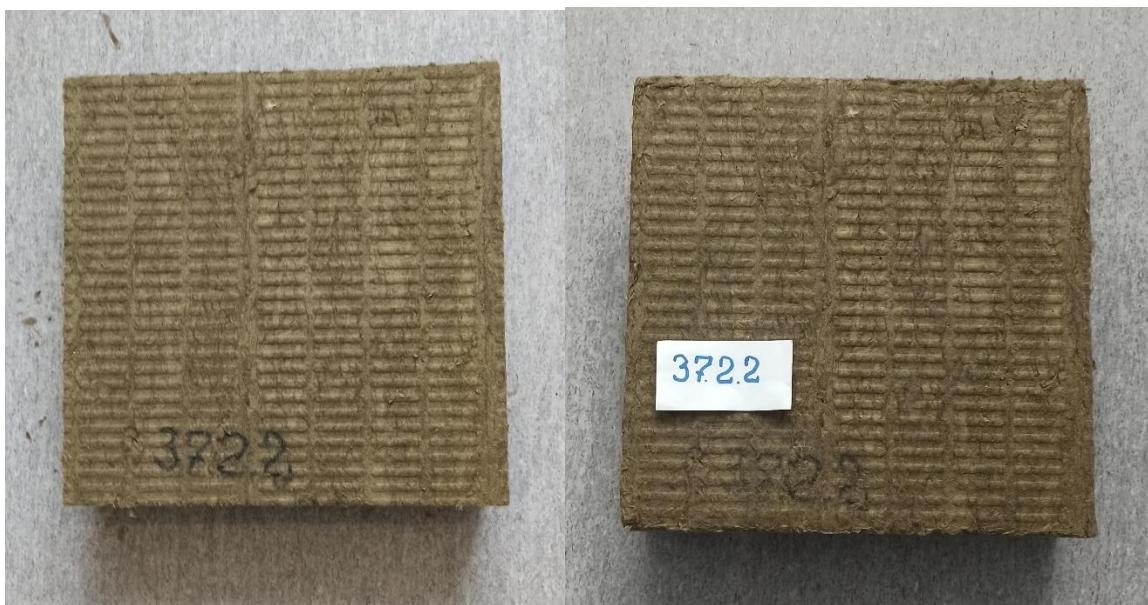


Рис. 2.7 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ до (слева) и после (справа) прохождения 60 циклов замораживания и оттаивания

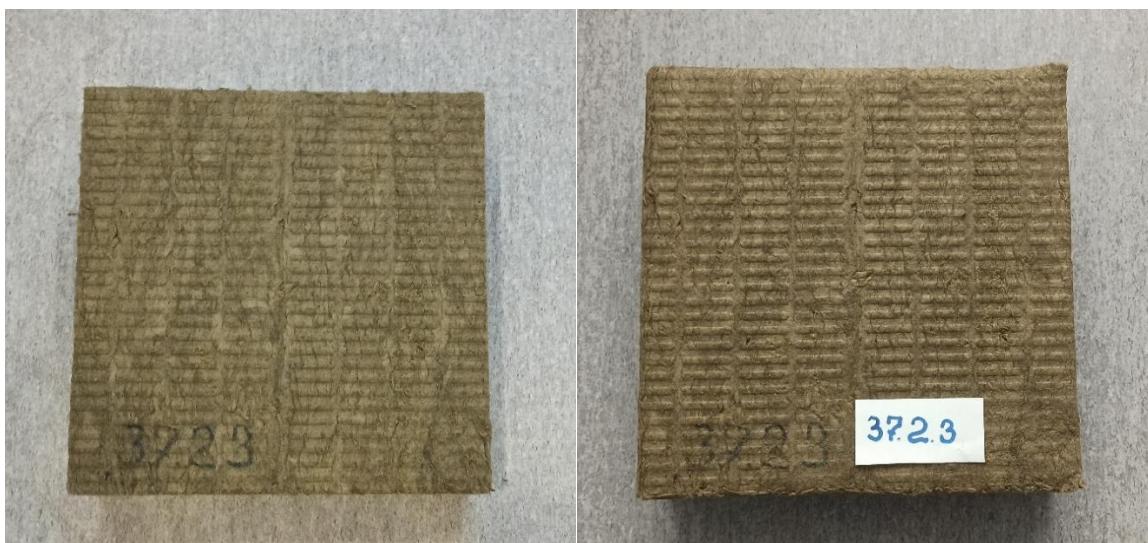


Рис. 2.8 Вид образцов марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ до (слева) и после (справа) прохождения 100 циклов замораживания и оттаивания

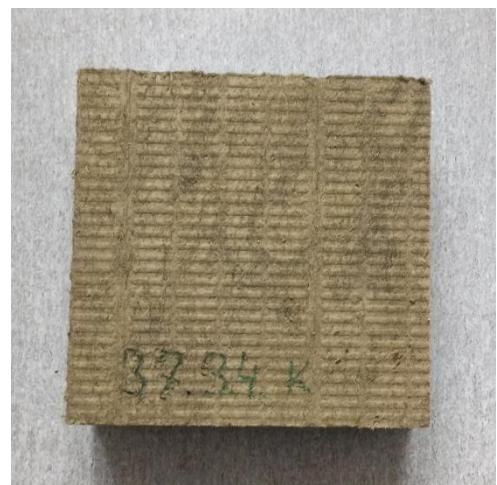


Рис. 2.9 Вид контрольного образца изделий марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА



Рис. 2.10 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА до (слева) и после (справа) прохождения 30 циклов замораживания и оттаивания

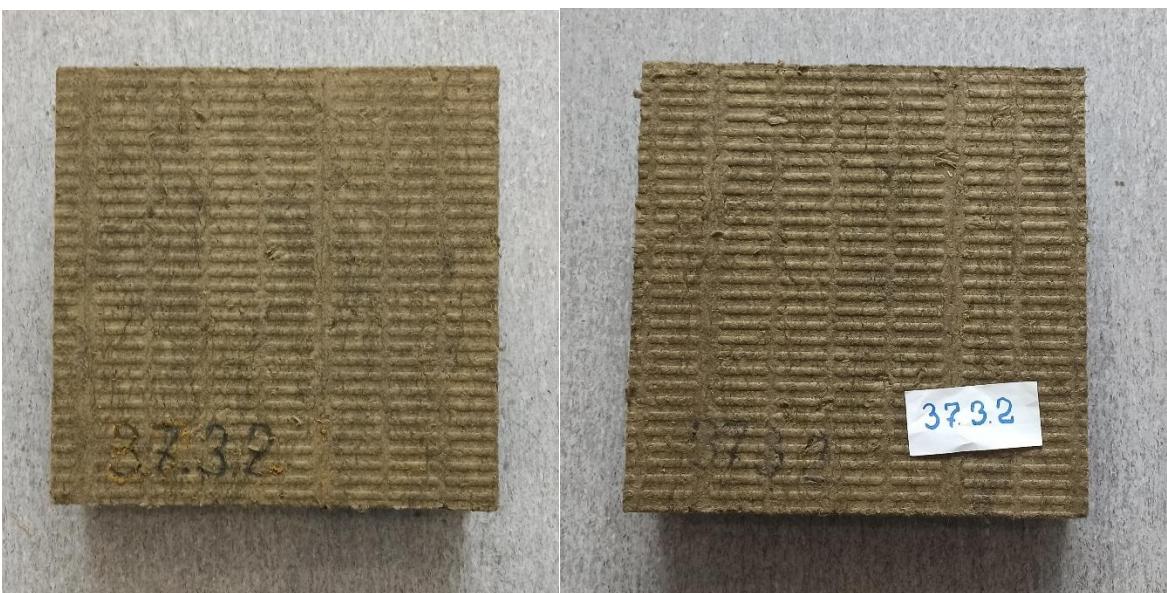


Рис. 2.11 Вид образца марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА до (слева) и после (справа) прохождения 60 циклов замораживания и оттаивания

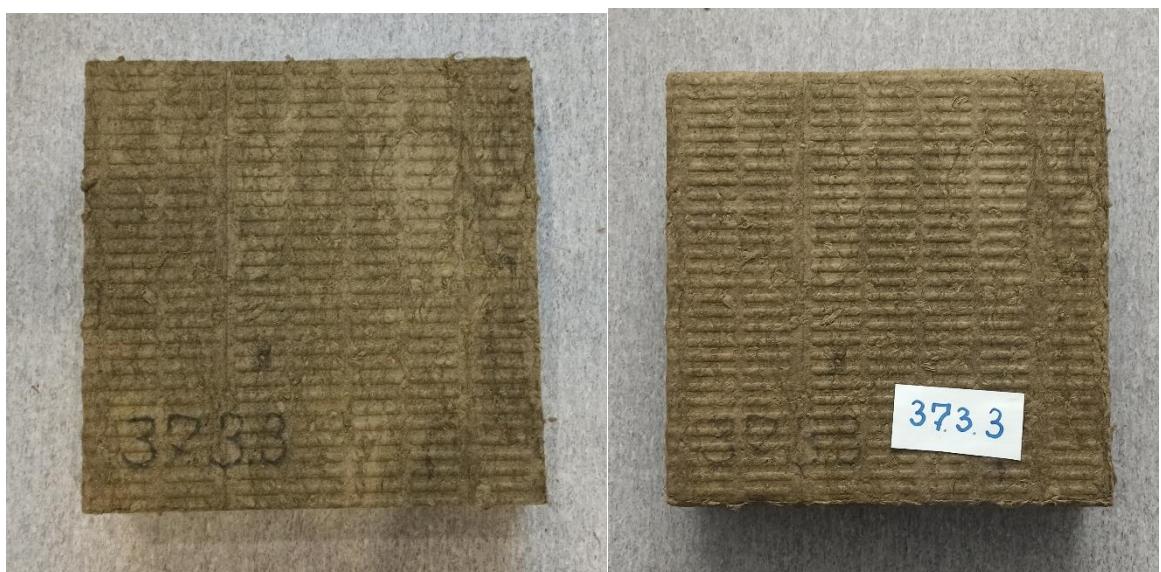


Рис. 2.12 Вид образцов марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА до (слева) и после (справа) прохождения 100 циклов замораживания и оттаивания

3. Расчет срока эффективной эксплуатации по изменению теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации

Расчет срока эффективной эксплуатации проводился по методике СТО НИИСФ РААСН, соответствующей методике ГОСТ Р 57418-2017 «Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации».

Были построены зависимости теплопроводности, λ , Вт/(м·°C), и термического сопротивления образцов, R , (м²·°C)/Вт, от количества условных годовых циклов, N , год, для изделий из минеральной ваты теплоизоляционных, применяемых в строительстве IZOLIFE производства ООО «ВКТМ». Данные зависимости представлены на рис. 3.1 - 3.6.

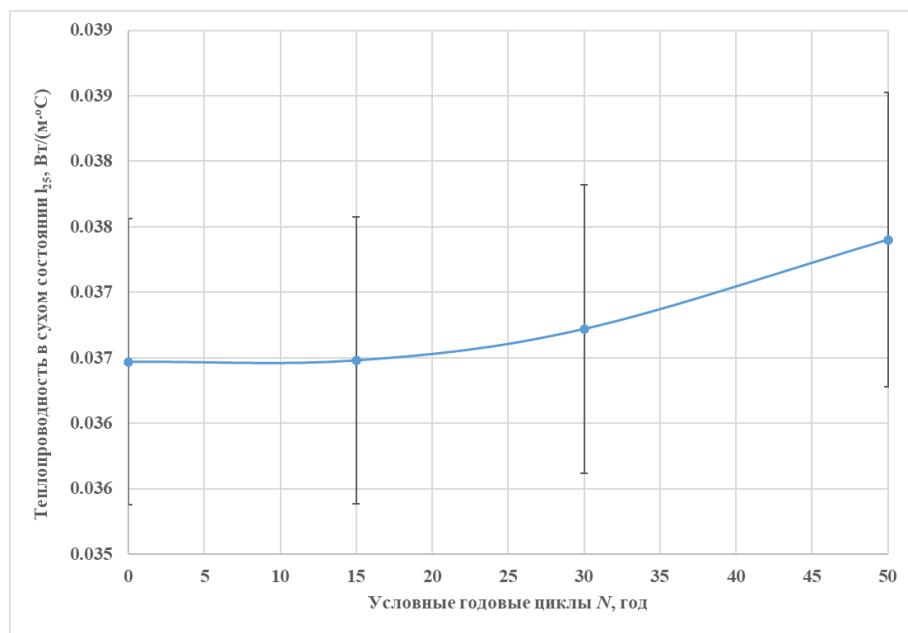


Рис. 3.1 Изменение теплопроводности образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА при моделировании условий эксплуатации

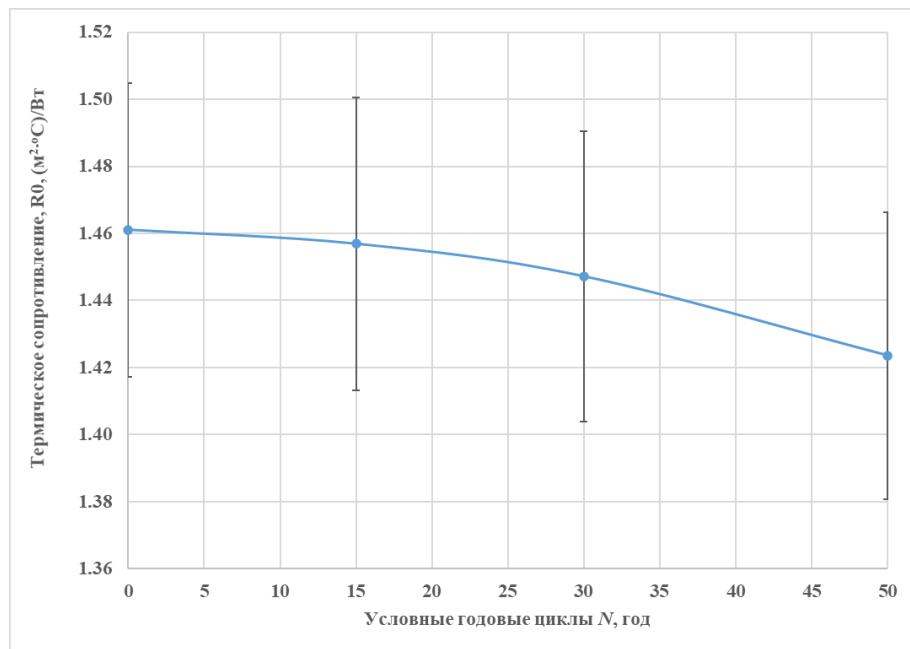


Рис. 3.2 Изменение термического сопротивления образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА при моделировании условий эксплуатации

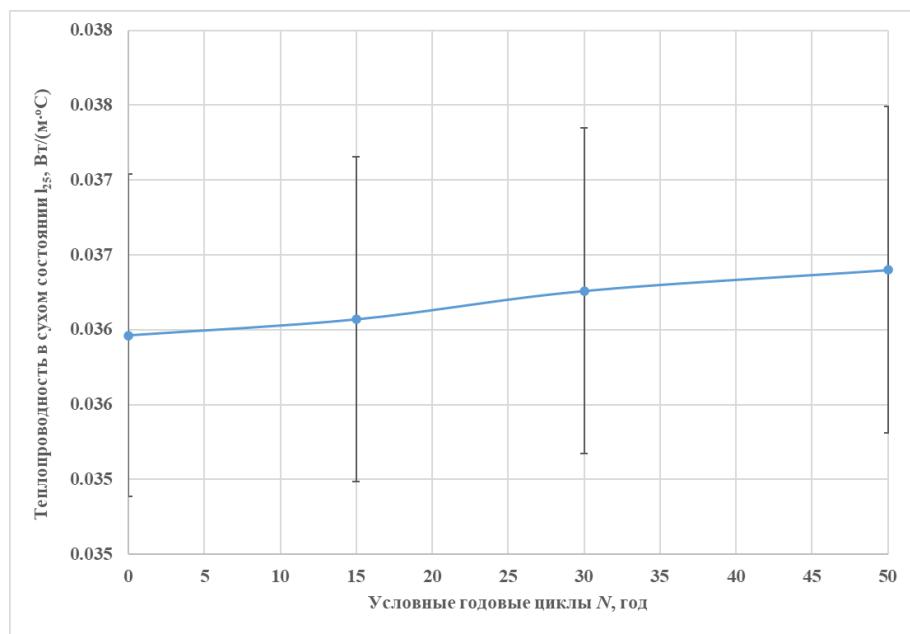


Рис. 3.3 Изменение теплопроводности образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ при моделировании условий эксплуатации

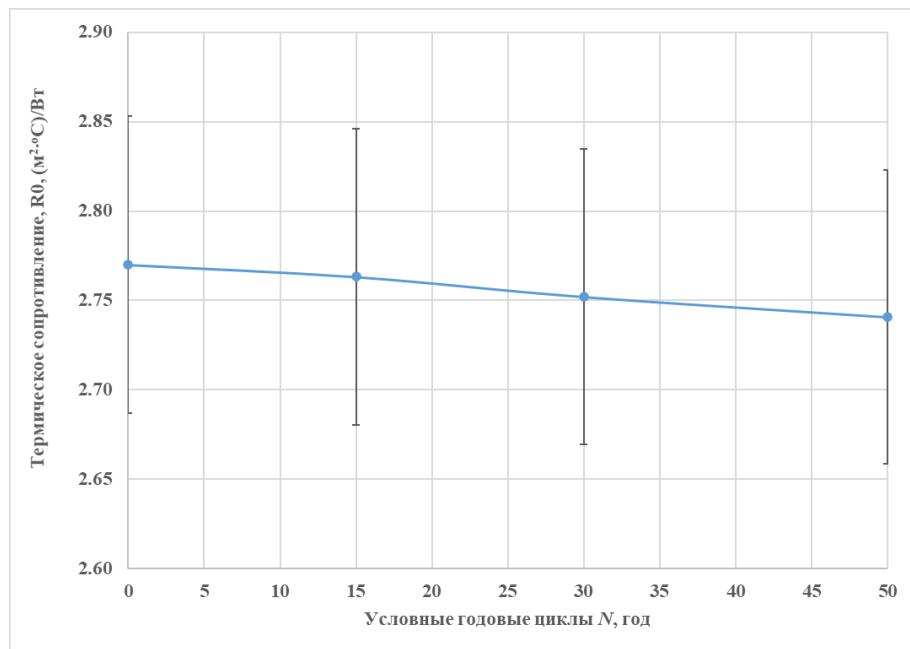


Рис. 3.4 Изменение термического сопротивления образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ при моделировании условий эксплуатации

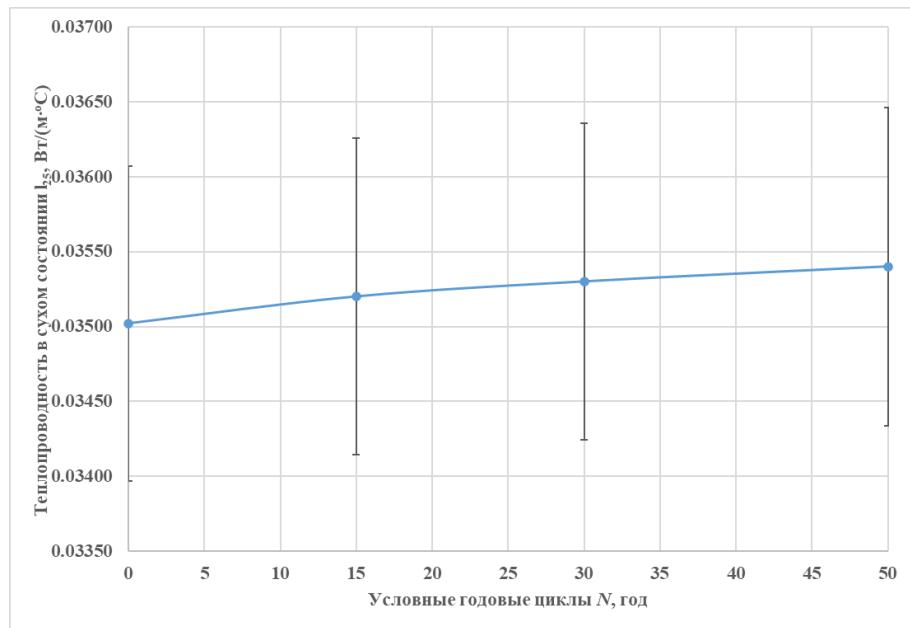


Рис. 3.5 Изменение теплопроводности образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА при моделировании условий эксплуатации

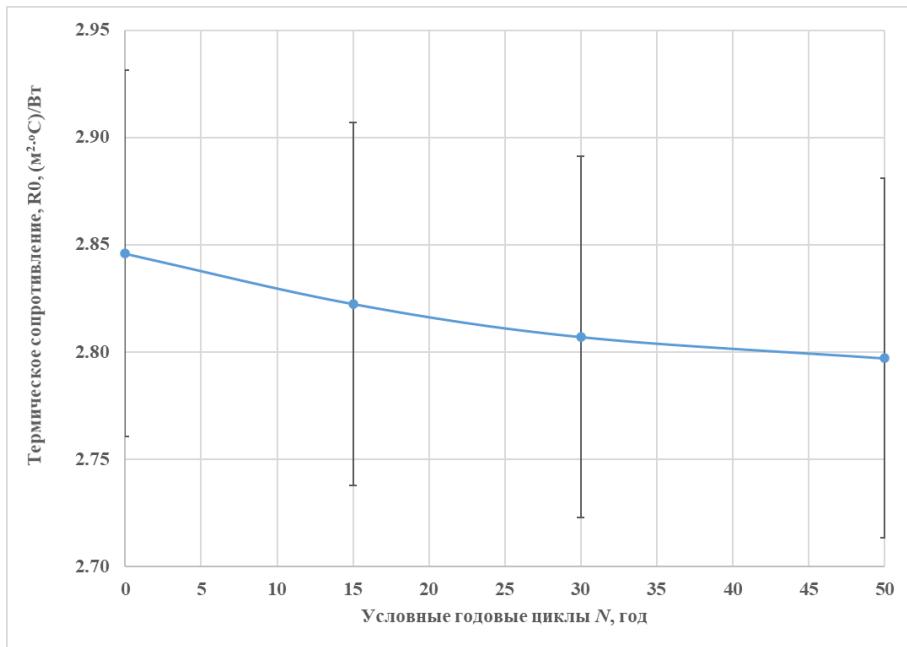


Рис. 3.6 Изменение термического сопротивления образцов изделий из минеральной ваты марки IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА при моделировании условий эксплуатации

По результатам анализа результатов проведенных исследований были определены расчетные сроки эксплуатации, N_p , год, при которых теплопроводность испытанных образцов увеличивается не более чем на 5 % относительно результатов контрольных испытаний, а термическое сопротивление образцов уменьшается не более чем на 10 %. Они составили 50 лет.

Таким образом, по методике СТО НИИСФ РААСН, соответствующей ГОСТ Р 57418-2017, срок эффективной эксплуатации N_e был приравнен к количеству проведенных условных годовых циклов испытаний N , т.е. к 50 годам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований теплофизических характеристик изделий из минеральной ваты марок IZOLIFE ВЕНТ ОПТИМА; IZOLIFE ВЕНТ СТАНДАРТ; IZOLIFE ВЕНТ ЭКСТРА производства ООО «ООО «ВКТМ» при моделировании условий эксплуатации установлено, что теплопроводность в сухом состоянии испытанных материалов после проведенных 100 циклов замораживания-оттаивания, соответствующих 50-ти условным годовым циклам, увеличивается не более, чем на 3 % от результатов контрольных испытаний. При этом термическое сопротивление образцов уменьшается после проведенных испытаний не более чем на 3 % от результатов контрольных испытаний.

По методике СТО НИИСФ РААСН, соответствующей методике ГОСТ Р 57418-2017 «Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации», срок эффективной эксплуатации изделий из минеральной ваты теплоизоляционных, применяемых в строительстве IZOLIFE производства ООО «ВКТМ» испытанных марок составляет 50 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Москва. 2000. 396 с.
2. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 7-9.
3. Пастушков П.П. Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва. 2013. 169 с.
4. СП 50.13330.2014 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»