

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



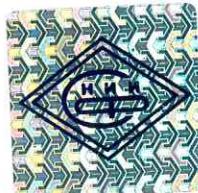
федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор НИИСФ РААСН



20 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

«Комплексные исследования теплопроводности экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext»

Договор № 12240(2018) от «26» ноября 2018 г.

Главный научный сотрудник лаб.
строительной теплофизики,
д.т.н., профессор

Гагарин В.Г. Гагарин

Ответственный исполнитель:
с.н.с., к.т.н.

Пастушков П.П. Пастушков

Москва, 2018 г.

Список исполнителей:

Гагарин В.Г. главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор

Пастушков П.П. старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Павленко Н.В. старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент

Панченков А.В. инженер

Реутова Н.А. инженер

Содержание

1.	Исследования изменения теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий	5
1.1.	Методика исследований	5
1.2.	Проведение испытаний	6
1.3	Результаты испытаний	
1.4	Анализ результатов исследований. Расчет срока эффективной эксплуатации	
2.	Соотношение теплопроводности в сухом состоянии экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 25 °C и средней температуре 10 °C	8
	Заключение	17

1. Исследования изменения теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий

1.1 Методика исследований

Сущность метода заключалась в том, что образец испытуемого материала подвергался циклическим климатическим воздействиям, имитирующим условия эксплуатации материала или изделия в ограждающих конструкциях, и определялось изменение теплофизических характеристик материала (эксплуатационной теплопроводности, теплопроводности в сухом состоянии и термического сопротивления). По результатам измерений теплофизических характеристик оценивался срок эффективной эксплуатации материала до 50 лет включительно.

Циклические климатические воздействия в виде периодического замораживания и оттаивания образцов производились на предварительно погруженных полностью в воду на 1 ч образцах, что моделировало наиболее экстремальные условия влагонасыщения полимерной теплоизоляции в составе ограждающих конструкций зданий. Образцы погружались в воду через каждые 2 цикла замораживания и оттаивания.

Два цикла замораживания и оттаивания приравнивались одному условному году эффективной эксплуатации материала.

Образцы материалов испытывались на теплопроводность и термическое сопротивление через 2, 30, 60, 100 циклов замораживания и оттаивания, что соответствовало 1, 15, 30, 50 условным годам эксплуатации.

Для определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции отбиралось 8 образцов для определения исходных характеристик – теплопроводности и термического сопротивления материала, 3 из них не подвергались дальнейшим испытаниям (контрольные образцы), а 5 оставшихся образцов подвергались циклическим климатическим воздействиям после периодического влагонасыщения (опытные образцы).

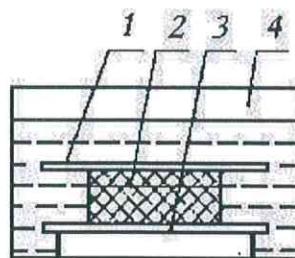
Испытания проводились на образцах в виде прямоугольных параллелепипедов с лицевыми гранями в форме квадрата со стороной 250 мм. Толщина образцов составляла около 50 мм. Разность между максимальной и минимальной значениями толщины не превышало 3 мм. Лицевые грани образцов были плоскими. Линейные размеры образцов измерялись по ГОСТ 17177. Отклонения по ширине и длине образцов не превышали $\pm 3,0$ мм.

Контрольные и опытные образцы высушивались в лабораторном сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $(65 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Образец считался высушенным до постоянной массы, если разность между результатами двух последовательных измерений массы после очередного взвешивания не превышала 0,1 % за период не менее 0,5 ч.

Для всех образцов (контрольных и опытных) определялась теплопроводность в сухом состоянии и термическое сопротивление по ГОСТ 7076. За результат испытаний принималось среднеарифметическое значение испытаний всех опытных образцов. Полученные значения являлись контрольными результатами.

Контрольные образцы оставлялись на хранение при комнатной температуре без прямого попадания солнечного света.

Опытные образцы материалов или изделий подвергались увлажнению по следующей методике: в ванну 4 (рис. 1) на сетчатую подставку 3 помещался образец 2 и фиксировалось его положение сетчатым пригрузом 1. В ванну заливалась вода температурой $(22 \pm 5) ^\circ\text{C}$ так, чтобы уровень воды был выше пригруза на 20-40 мм.



1 - сетчатый пригруз; 2- образец; 3 - сетчатая подставка; 4 - ванна

Рис. 1 Ванна с образцом, полностью погруженным в воду

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

Температура замораживания образцов устанавливалась минус (20 ± 2) °C. Продолжительность замораживания образцов составляла не менее 6 ч. Указанная температура замораживания обоснована экспериментальным фактом фазового перехода воды от жидкого состояния к твердому в порах всех типов строительных материалов при температуре ниже минус 15 °C.

Оттаивание образцов осуществлялось при температуре воздуха плюс (20 ± 2) °C. Продолжительность времени оттаивания составляло не менее 6 ч.

После первых двух циклов замораживания и оттаивания предварительно увлажненных образцов, опытные образцы сравнивались по внешнему виду с контрольными образцами. Если опытные образцы имели значительные отличия во внешнем виде по сравнению с контрольными (расслаивание, растрескивание, частичное разрушение и т.п.) либо же значительные отклонения по геометрическим размерам (разность между максимальной и минимальной значениями толщины не должно превышать 5 мм, отклонения по ширине и длине образца не должны превышать 5,0 мм), то эти данные заносились в протокол испытаний, а сами испытания прекращались. Испытываемый вид полимерной изоляции считался не прошедшим испытания.

Если значительных отличий во внешнем виде по сравнению с контрольными образцами у опытных образцов не было, то они испытывались на теплопроводность по ГОСТ 7076 в том влажностном состоянии, в котором они находились непосредственно после циклов замораживания и оттаивания. В протокол испытаний заносилось значение эксплуатационной теплопроводности после двух циклов замораживания и оттаивания, λ_s , Вт/(м·°C). За результат испытаний принималось среднеарифметическое значение испытаний всех опытных образцов. Данное значение считалось контрольным результатом для эксплуатационной теплопроводности.

Опытные образцы высушивались. Устанавливалась теплопроводность в сухом состоянии и термическое сопротивление по ГОСТ 7076 опытных образцов, λ , Вт/(м·°C) и R , (м²·°C)/Вт. Если теплопроводность в сухом состоянии увеличивалась более чем на 5 % либо термическое сопротивление опытных образцов уменьшалось более чем на 10 % относительно контрольных результатов, то испытания прекращались. Испытываемый вид полимерной изоляции считался не прошедшим испытания.

Если теплопроводность в сухом состоянии увеличивалась не более чем на 5 % и термическое сопротивление опытных образцов уменьшалось не более чем на 10 % относительно контрольных результатов, то испытания продолжались в следующей последовательности: увлажнение, два цикла замораживания и оттаивания в соответствии, увлажнение, два цикла замораживания и оттаивания и т.д.

Через 30, 60, 100 циклов замораживания и оттаивания (15, 30 и 50 условных годовых циклов) у опытных образцов определялась эксплуатационная теплопроводность, а также теплопроводность в сухом состоянии и термическое сопротивление.

Перед каждым увлажнением опытных образцов они сравнивались по внешнему виду и геометрическим размерам с контрольными образцами. Если они значительно отличались от контрольных образцов, то испытания прекращались.

Если после какого-то из испытаний через 30, 60, 100 циклов замораживания и оттаивания эксплуатационная теплопроводность или теплопроводность в сухом состоянии увеличивалась более чем на 5 % либо термическое сопротивление опытных образцов уменьшалось более чем на 10 % относительно контрольных результатов, то испытания прекращались. Все результаты испытаний фиксировались в протоколе.

Описанная методика исследований теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext полностью соответствовала методике утвержденного для введения в 2019 году

национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции»

1.2 Проведение испытаний

Для проведения испытаний применялось следующее оборудование и средства измерений:

- сушильный шкаф LOIP LF-60/350-GG1, температурный диапазон испытаний до +110 °C, инв. № 1101040528;
- весы лабораторные ВМ 510Д, класс точности лабораторных весов - высокий (II), инв. № 1101040529, свидетельство о поверке № 407206, действительно до 04.07.2019 г.;
- прибор для измерения теплопроводности ИТП МГ-4 «250» с расширенным диапазоном регулирования температур, температурный диапазон испытаний от -10 °C до +45 °C, инв. № 2101340380, свидетельство о поверке № 37121/2018, действительно до 30.09.2020 г.;
- климатическая камера СМ -30/100-120 ТХ, температурный диапазон испытаний от -30 °C до +100 °C, инв. № 2101340341;
- измерительные металлические линейки по ГОСТ 427;
- штангенциркули ГОСТ 166;
- термометры по ГОСТ 112.

Образцы в процессе испытаний – в ванне для увлажнения и в климатической камере – представлены на рис. 2 и 3, соответственно.



Рис. 2 Процесс увлажнения при полном погружении образцов

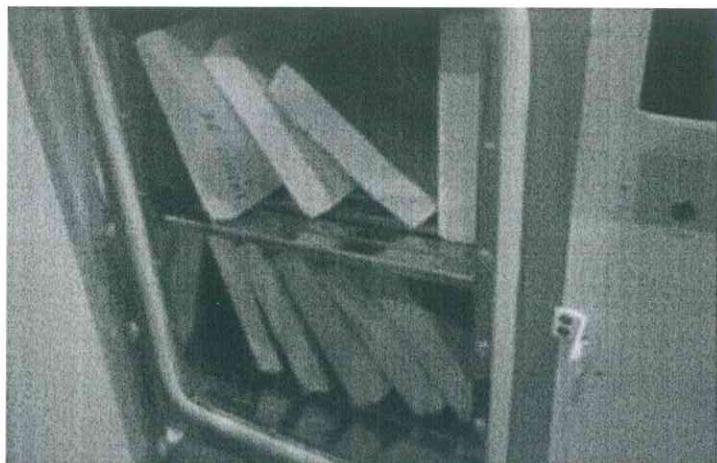


Рис. 3 Образцы в климатической камере в процессе испытаний

1.3 Результаты испытаний

Контрольные образцы (не подвергавшиеся циклическим испытаниям) экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext после окончания испытаний представлены на рис. 4. Опытные образцы после 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду по методике п. 1.1 представлены на рис. 5.

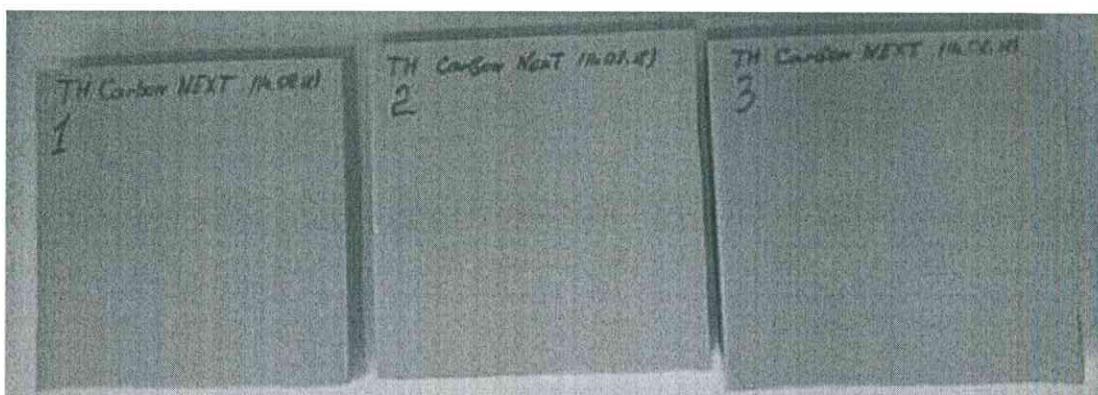


Рис. 4 Контрольные образцы после испытаний



Рис. 5 Опытные образцы после испытаний

Опытные образцы после испытаний по методике п. 1.1 не имели значительных отличий во внешнем виде по сравнению с контрольными – после испытаний на образцах не было обнаружено расслаивания, растрескивания, частичного разрушения и т.п. Также опытные образцы не имели значительных отклонений по геометрическим размерам от размеров, установленных до проведения испытаний.

Результаты испытаний теплопроводности в сухом состоянии при средней температуре 25 °C, λ_0 , Вт/(м·°C), после контрольных испытаний, 2-х, 30-ти, 60-ти и 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду по методике п. 1.1, а также эксплуатационной теплопроводности, λ_s , Вт/(м·°C) после 2-х (контрольных), 30-ти, 60-ти и 100 циклов для опытных образцов экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext представлены в табл. 1.

Табл. 1 Результаты испытаний теплопроводности в сухом состоянии и эксплуатационной теплопроводности ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 25 °C

	Контрольные испытания λ_0 , Вт/(м·°C)	После 2-х циклов		После 30-ти циклов		После 60-ти циклов		После 100 циклов	
		λ_s , Вт/(м·°C)	λ_0 , Вт/(м·°C)						
1	0,033	0,033	0,033	0,032	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034
2	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,034	0,033	0,034	0,034
3	0,033	0,033	0,033	0,034	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034
Среднее	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,034	0,034	0,034	0,034

Термическое сопротивление опытных образцов, R , (м²·°C)/Вт, в процессе испытаний изменялось в соответствии с изменением теплопроводности в сухом состоянии, λ_0 , Вт/(м·°C), при неизменных толщинах образцов.

1.4 Анализ результатов исследований. Расчет срока эффективной эксплуатации

По результатам проведенных исследований изменения теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола

ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий по методике утвержденного для введения в 2019 году национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции» установлено, что значения теплопроводности в сухом состоянии, λ , Вт/(м·°C), и эксплуатационной теплопроводности, λ_s , Вт/(м·°C), опытных образцов увеличились после 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду не более чем на 3 %, при этом термическое сопротивление опытных образцов, R , (м²·°C)/Вт, уменьшилось после испытаний не более чем на 3 %.

Таким образом, по положениям национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции», утвержденного для введения в 2019 году, срок эффективной эксплуатации экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext составляет 50 лет.

2. Соотношение теплопроводности в сухом состоянии экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 25 °C и средней температуре 10 °C

На образцах экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext размерами 0,25x0,25x0,05 м на измерителе теплопроводности ИТП-МГ4 «250» с расширенным диапазоном регулирования температур (инв. № 2101340380, свидетельство о поверке № 37121/2018, действительно до 30.09.2020 г.) была проведена серия измерений теплопроводности в сухом состоянии при средней температуре 10 °C и 25 °C в соответствии с методикой ГОСТ 7076-99. При испытаниях разность температур на пластинах измерителя теплопроводности составляла 25 °C (перепад температур на нижней и верхней пластине прибора: -2,5 °C – 12,5 °C при средней температуре 10 °C и 12,5 °C – 37,5 °C при средней температуре 25 °C, соответственно). Результаты измерений представлены в табл. 2.

Табл. 2 Результаты испытаний теплопроводности в сухом состоянии ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 10 °C и 25 °C

Номер образца	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·°C)	
	При средней температуре 10 °C, λ_{10}	При средней температуре 25 °C, λ_{25}
1	0,032	0,034
2	0,031	0,033
3	0,031	0,033
4	0,031	0,033
5	0,032	0,034
6	0,033	0,035
7	0,033	0,035

Таким образом по результатам проведенных измерений установлено, что теплопроводность в сухом состоянии экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 25 °C в 1,06 раз больше, чем теплопроводность в сухом состоянии при средней температуре 10 °C. Найденный коэффициент, k , возможно использовать в формуле для пересчета теплопроводности в сухом состоянии при 25 °C по значениям теплопроводности в сухом состоянии при 10 °C и наоборот: $\lambda_{25} = k \cdot \lambda_{10}$.

Заключение

- 1) Срок эффективной эксплуатации экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext, установленный по методике национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции», утвержденного для введения в 2019 году, составляет 50 лет.
- 2) Соотношение теплопроводности в сухом состоянии экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext при средней температуре 25 °C, λ_{25} , и теплопроводности в сухом состоянии при средней температуре 10 °C, λ_{10} , описывается формулой: $\lambda_{25} = k \cdot \lambda_{10}$, где коэффициент k равен 1,06.