

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.

« 2020 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

**Комплексные исследования теплопроводности
экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ**

Договор № 12280(2019) от «31» октября 2019 г.

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

П.П. Пастушков

Москва, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Соотношение теплопроводности экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ в сухом состоянии при средней температуре 25 °С и средней температуре 10 °С	3
Заключение по разделу 1	5
2. Исследования изменения теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий	6
1.1 Методика исследований	6
1.2 Проведение испытаний	9
1.3 Результаты испытаний	10
1.4 Анализ результатов исследований. Расчет срока эффективной эксплуатации	13
Заключение по разделу 2	15

1. Соотношение теплопроводности экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ в сухом состоянии при средней температуре 25 °С и средней температуре 10 °С

В рамках Договора № 12280(2019) от 31.10.2019 г. между ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы» и НИИСФ РААСН в секторе испытаний теплофизических характеристик строительных материалов лаборатории «Строительная теплофизика» НИИСФ РААСН проведен комплекс исследований теплопроводности экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ, заключающийся в определении теплопроводности различных марок XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON в сухом состоянии по методике ГОСТ 7076 при средней температуре 10 °С и 25 °С.

Целью работы являлось установление, при возможности, обобщенного коэффициента для пересчета теплопроводности в сухом состоянии при 25 °С по значениям теплопроводности в сухом состоянии при 10 °С (и наоборот) для экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ.

Испытания проводились на образцах экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, ТЕХНОПЛЕКС, ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID, подготовленных в виде квадратных пластин с размерами 0,25x0,25x0,05 м, в сухом состоянии на измерителе теплопроводности ИТП-МГ4 «250» (свидетельство о поверке № 37121/2018, действительно до 30.09.2020 г.) при средней температуре 10 °С и 25 °С в соответствии с методикой ГОСТ 7076-99 с 02.12.2019 г. по 22.01.2020 г. При испытаниях разность температур на пластинах измерителя теплопроводности составляла 25 °С (температуры на нижней и верхней пластине прибора, соответственно: минус 2,5 °С – плюс 12,5 °С при средней температуре 10 °С и плюс 12,5 °С – плюс 37,5 °С при средней температуре 25 °С). За результат испытаний принимались среднеарифметические значения теплопроводности всех испытанных образцов (по 10 образцов каждой марки).

Для проведения испытаний также использовалось следующее оборудование: сушильный шкаф LOIP LF-60/350-GG1, температурный

диапазон испытаний до +350 °С; климатическая камера СМ 5/100-120 ТВО, температурный диапазон испытаний от +5 °С до +100 °С, диапазон установки относительной влажности воздуха от 40% до 95%; весы лабораторные ВМ-510Д, класс точности лабораторных весов - высокий (II) (свидетельство о поверке № 265710, действительно до 22.07.2020 г.).

По результатам испытаний для каждой марки устанавливался коэффициент, k , пересчета теплопроводности в сухом состоянии при 25 °С, λ_{25} , Вт/(м·°С), по значениям теплопроводности в сухом состоянии при 10 °С, λ_{10} , Вт/(м·°С), и наоборот по формуле:

$$\lambda_{25} = k \cdot \lambda_{10}$$

В табл. 1 представлены полученные средние результаты для испытанных марок.

Табл. 1 Результаты испытаний теплопроводности при средней температуре 10 °С и 25 °С

Марка	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м·°С)		Коэффициент пересчета, k
	При средней температуре 10 °С, λ_{10}	При средней температуре 25 °С, λ_{25}	
ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF	0,034	0,036	1,06
ТЕХНОПЛЕКС	0,031	0,033	1,06
ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID	0,030	0,032	1,06
Среднее значение:			1,06

Ранее в лаборатории строительной теплофизики НИИСФ РААСН (Заключение по теме: «Комплексные исследования теплопроводности экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext», 2018 г.) для марки экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CARBONext был получен коэффициент пересчета, k , также равный 1,06.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для всей номенклатуры марок экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ в результате проведенных исследований теплопроводности был получен обобщенный коэффициент, k , для пересчета теплопроводности в сухом состоянии при 25 °С по значениям теплопроводности в сухом состоянии при 10 °С (и наоборот) **равный 1,06**.

Найденный коэффициент, k , возможно использовать в формуле: $\lambda_{25} = k \cdot \lambda_{10}$ для расчета теплопроводности в сухом состоянии при 25 °С, λ_{25} , Вт/(м·°С), по значениям теплопроводности в сухом состоянии при 10 °С, λ_{10} , Вт/(м·°С), и наоборот.

2. Исследования изменения теплотехнических показателей при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий и расчет срока эффективной эксплуатации

2.1 Методика исследований

Сущность метода заключалась в том, что образцы испытуемого материала подвергались 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).

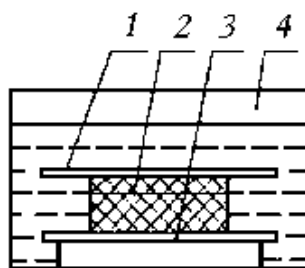
Испытания проводились на образцах в виде прямоугольных параллелепипедов с лицевыми гранями в форме квадрата со стороной 250 мм. Толщина образцов составляла 50 мм. Разность между максимальной и минимальной значениями толщины не превышало 0,5мм. Лицевые грани образцов были плоскими. Линейные размеры образцов 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 ± 5) °С. 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 оставались 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 ± 5) °С 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) °С. 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 °С.

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

Через 2, 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 должны были быть прекращены.

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 должны были быть прекращены. Все результаты испытаний фиксировались в протоколе.

Описанная методика исследований теплотехнических показателей полностью соответствовала методике утвержденного национального стандарта ГОСТ Р «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции».

2.2 Проведение испытаний

Для проведения испытаний применялось следующее оборудование и средства измерений:

- сушильный шкаф LOIP LF-60/350-GG1, температурный диапазон испытаний до +310 °С, инв. № 1101040528;
- весы лабораторные ВМ 510Д, класс точности лабораторных весов - высокий (II), инв. № 1101040529, свидетельство о поверке № 265710, действительно до 22.07.2020 г.;
- прибор для измерения теплопроводности ИТП МГ-4 «250» с расширенным диапазоном регулирования температур, температурный диапазон испытаний от -10 °С до +45 °С, 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 °С до +100 °С, инв. № 2101340341;
- измерительные металлические линейки по ГОСТ 427;
- штангенциркули ГОСТ 166;
- термометры по ГОСТ 112.

Образцы экструзионного пенополистирола марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF и ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID в процессе испытаний в климатической камере представлены на рис. 2.



Рис. 2 Образцы в климатической камере в процессе испытаний

2.3 Результаты испытаний

Контрольные образцы (не подвергавшиеся циклическим испытаниям) экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ после окончания испытаний представлены на рис. 3, 4. Опытные образцы после 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду по методике п. 2.1 представлены на рис. 5-10.

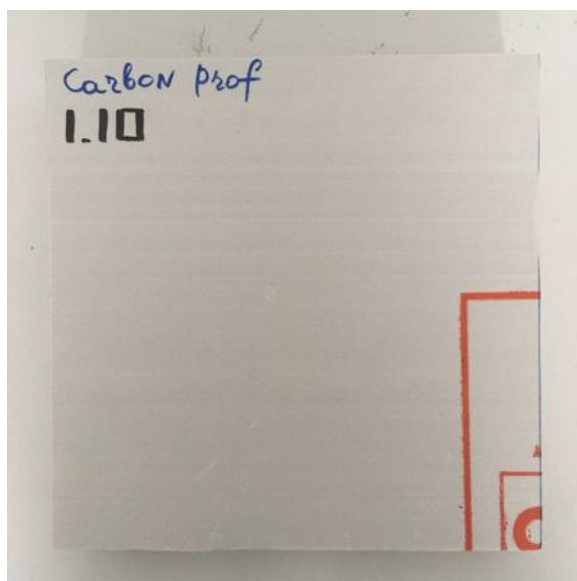


Рис. 3 Контрольные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF



Рис. 4 Контрольные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID

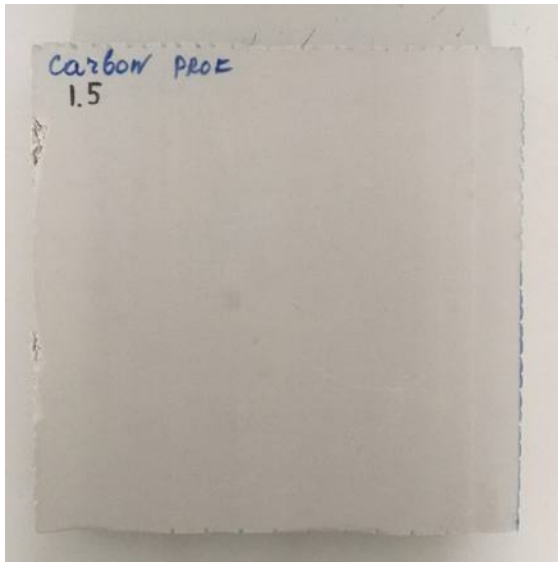


Рис. 5 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF после испытаний

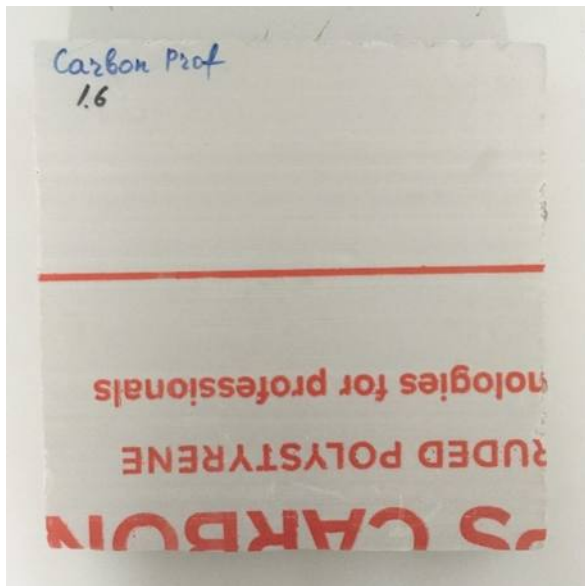


Рис. 6 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF после испытаний



Рис. 7 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF после испытаний

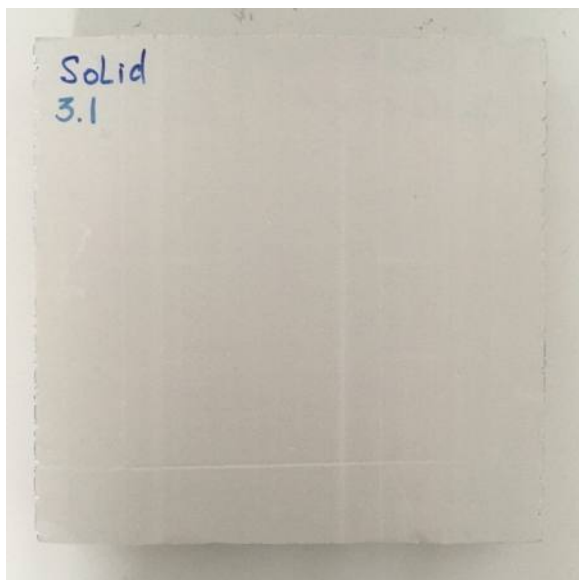


Рис. 8 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID после испытаний

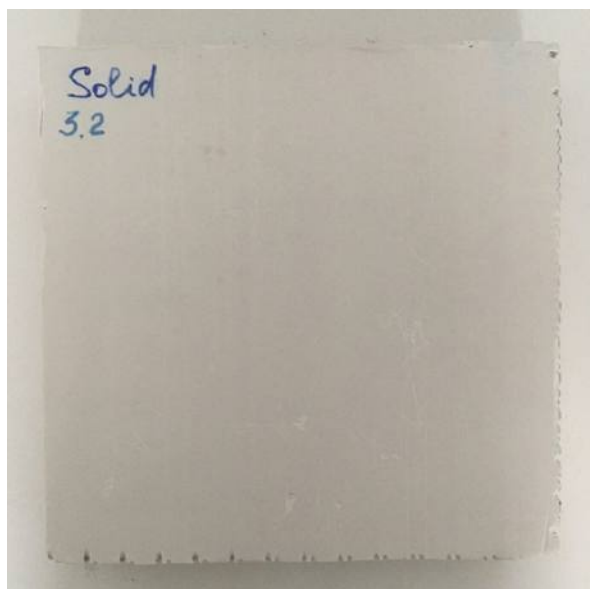


Рис. 9 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID после испытаний

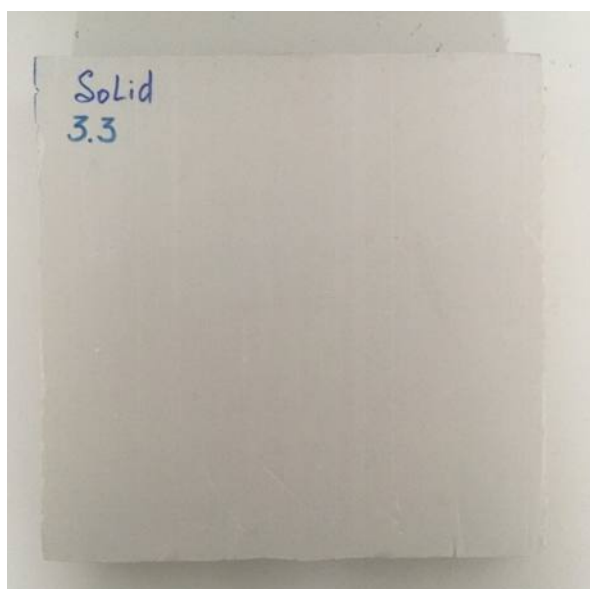


Рис. 10 Опытные образцы ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID после испытаний

Опытные образцы после испытаний по методике п. 2.1 не имели значительных отличий во внешнем виде по сравнению с контрольными.

Осредненные по 3 образцам результаты испытаний теплопроводности в сухом состоянии при средней температуре 25 °С, λ_{25} , Вт/(м·°С), после контрольных испытаний, 2-х, 30-ти, 60-ти и 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду по методике п. 2.1, а также эксплуатационной теплопроводности, $\lambda_{э}$, Вт/(м·°С) после 2-х (контрольных), 30-ти, 60-ти и 100 циклов для опытных образцов экструзионного пенополистирола марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID представлены в табл. 2.

Табл. 2 Результаты испытаний теплопроводности при моделировании условий эксплуатации

Марка	Контрольные испытания λ_{25} , Вт/(м·°С)	После 2-х циклов		После 30-ти циклов		После 60-ти циклов		После 100 циклов	
		$\lambda_{э}$, Вт/(м·°С)	λ_{25} , Вт/(м·°С)	$\lambda_{э}$, Вт/(м·°С)	λ_{25} , Вт/(м·°С)	$\lambda_{э}$, Вт/(м·°С)	λ_{25} , Вт/(м·°С)	$\lambda_{э}$, Вт/(м·°С)	λ_{25} , Вт/(м·°С)
PROF	0,035	0,036	0,035	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
SOLID	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,033	0,032	0,033	0,033

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

2.4 Анализ результатов исследований. Расчет срока эффективной эксплуатации

По результатам проведенных исследований изменения теплотехнических показателей экструзионного пенополистирола марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID при моделировании условий эксплуатации в ограждающих конструкциях зданий по методике утвержденного национального стандарта ГОСТ Р «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации

полимерной теплоизоляции» установлено, что значения теплопроводности в сухом состоянии, λ_{25} , Вт/(м·°С), и эксплуатационной теплопроводности, λ_e , Вт/(м·°С), опытных образцов увеличились после 100 циклов замораживания и оттаивания при периодическом полном погружении в воду не более чем на 5 %, при этом термическое сопротивление опытных образцов, R , (м²·°С)/Вт, уменьшилось после испытаний не более чем на 4 %.

Таким образом, по положениям национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции», срок эффективной эксплуатации экструзионного пенополистирола марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID составляет 50 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Срок эффективной эксплуатации экструзионного пенополистирола марок: ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID, установленный по методике национального стандарта «Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции», составляет 50 лет.