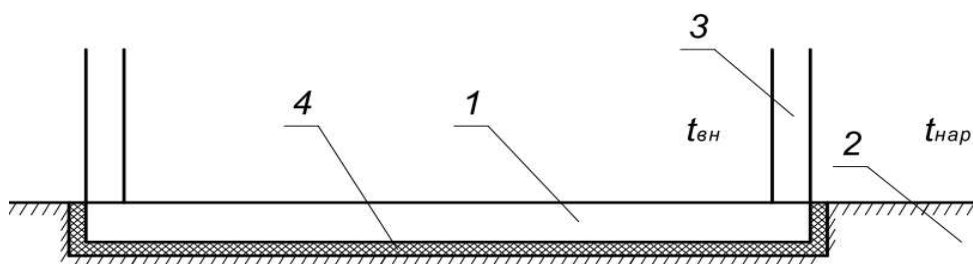


## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УТЕПЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТА КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Ограждение сушильных камер состоит из следующих частей: стены, перекрытие, ворота, фундамент. В общем балансе тепловых потерь через ограждения зданий, потери через фундамент (пол) здания по данным интернет-источников составляют 5-15%. Данных для сушильных камер в научной литературе мы не смогли обнаружить. Поэтому у нас и возникла идея попытаться оценить потери тепла через фундамент (пол) сушильной камеры во время сушки пиломатериалов, а также оценить эффективность и необходимость утепления этой части ограждения сушильной камеры.

Большинство производителей сушильных камер рекомендуют в качестве основания камеры использовать монолитную железобетонную плиту или ленточный фундамент и обустройством бетонных полов по грунту. Утепление таких фундаментов обычно производят при помощи экструдированного пенополистирола. Схема утепленного фундамента представлена на рисунке 1. Отметим, что толщина плит пенополистирола может быть различной и определяется при помощи теплотехнического расчета фундамента.



1 – плитный фундамент; 2 – грунт; 3 – стена камеры;  
4 – плиты экструдированного пенополистирола

**Рисунок 1 – Схема плитного фундамента с утеплением**

Для оценки эффективности утепления фундамента сушильных камер проведем расчет потерь тепла через неутепленный фундамент и через фундамент, утепленный плитами пенополистирола разной толщины. При этом будем использовать аналитическую методику расчета теплопотерь и приведенного сопротивления теплопередаче в грунто-вое основание [1, с. 13-23].

Опишем исходные данные для проведения расчета. Технические характеристики материалов фундамента представим в таблице 1.

**Таблица 1 – Технические характеристики материалов фундамента**

Тип материала	Толщина слоя материала $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности материала $\lambda$ , Вт/(м·°С)
Железобетонная плита	0,2	2,04*
Плиты экструдированного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ CarbonЕсо	от 0,02 до 0,15 с шагом 0,01	0,034**

Примечания: \* – данные из таблицы Д.1 [2];

\*\* – данные из [3]

Расчет будем проводить для камер фирмы Incorplan модельной линейки CM3000 ClassicLine. В таблице 2 представлены размеры и площади фундамента этих камер.

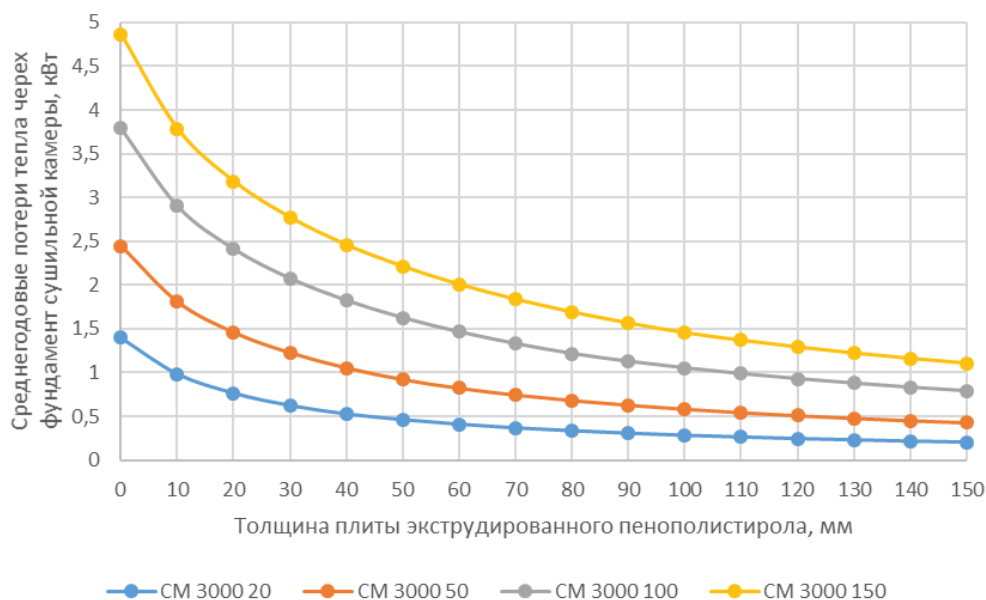
**Таблица 2 – Размеры фундамента камер IncorplanCM3000**

Марка камеры	Ширина фундамента $b_{\phi}$ , м	Длина фундамента $l_{\phi}$ , м	Площадь фундамента $S_{\phi}$ , м <sup>2</sup>
CM3000 20	4,44	4,80	21,3
CM3000 30	5,04	5,40	27,2
CM3000 35	5,64	6,00	33,8
CM3000 40	5,64	7,20	40,6
CM3000 50	5,64	8,40	47,4
CM3000 60	6,84	8,40	57,5
CM3000 70	7,44	9,00	67,0
CM3000 80	8,64	9,00	77,8
CM3000 90	8,64	9,60	82,9
CM3000 100	8,64	10,80	93,3
CM3000 130	9,84	11,40	112,2
CM3000 150	9,84	13,80	135,8

Расчет будем проводить для условий минской области, среднегодовая температура воздуха в которой за 2022 год составляла 7,3°С [4]. За температуру воздуха в камере примем средневзвешенную температуру режима сушки для условного материала (Inc 22), которая составляет 57,2°С. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности фундамента примем равной  $\alpha_{в}=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [2, табл. 6.4], коэффициент теплоотдачи наружной поверхности фундамента примем равной  $\alpha_{н}=23,0$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [2, табл. А.1].

Коэффициент теплопроводности грунта принимаем равным  $\lambda_{гр}=1,8$  Вт/(м·°С) [5, пункт 10.13.2].

Результаты расчета потерь тепла через фундамент сушильных камер представим в виде графика зависимости потерь тепла от толщины слоя утепления (рис. 2). Для лучшей наглядности приведем данные для четырех камер.



**Рисунок 2 – Зависимость среднегодовых потерь тепла через фундамент сушильной камеры от толщины плит экструдированного пенополистирола**

Из графика видно, что с увеличением толщины слоя теплоизоляции потери тепла уменьшаются, при этом зависимость между толщиной слоя утепления и потерями тепла носит нелинейный убывающий характер.

Также очевидным является то, что с увеличением площади фундамента увеличивается и абсолютное значение потерь тепла. При этом интересным является то, что с увеличением площади фундамента уменьшается относительная эффективность утепления.

Для доказательства этого утверждения проведем небольшой расчет: определим во сколько раз уменьшаются потери тепла через фундамент при увеличении толщины слоя ЭППС от 0 до 150 мм для разных камер. Результат расчета сведем в таблицу 3.

Из таблицы видно, что с увеличением площади фундамента отношение потерь тепла через фундамент уменьшается с 6,9 раза до 4,4 раза. При этом нельзя не заметить, что в абсолютных величинах наблюдается обратная картина: для камеры SM 3000 150 уменьшение тепловых потерь составляет 3,759 кВт, а для камеры SM 3000 20 – 1,197 кВт.

**Таблица 3 – Относительная эффективность утепления фундаментов сушильных камер**

Марка камеры	Площадь фундамента камеры $S_{\phi}$ , м <sup>2</sup>	Среднегодовые потери тепла через фундамент сушильной камеры Q, кВт, при толщине слоя ЭППС, мм		Отношение потерь тепла через фундамент
		0	150	
СМ3000 20	21,3	1,399	0,202	6,9
СМ3000 50	47,4	2,443	0,428	5,7
СМ3000 100	93,3	3,794	0,791	4,8
СМ3000 150	135,8	4,865	1,106	4,4

Подводя итог проведенной работы, можно сделать следующие выводы. Утепление фундаментов сушильных камер позволяет значительно снизить потери тепла через фундамент. Однако эти потери в общем балансе тепловых затрат на процесс сушки невелики. Решение о проведении утепления фундамента сушильной камеры требуется принимать на основании технико-экономического расчета для каждого конкретного случая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по расчету теплопотерь и приведенного сопротивления теплопередаче элементов здания, контактирующего с его основанием / НИИСФ РААСН // Москва, 2019 – 84 с.
2. Строительная теплотехника = Будаўнічая цеплатэхніка : СП2.04.01-2020. – Введ. 18.11.2020 (с отменой на территории ТКП45-2.04-43-2006 (02250)). – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 77 с.
3. Технический лист № 4.01. Версия от 12.2017. Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO [Электронный ресурс]– Режим доступа: [https://tstn.by/upload/iblock/215/tekhlist-4\\_01\\_carbon\\_eco\\_rus.pdf](https://tstn.by/upload/iblock/215/tekhlist-4_01_carbon_eco_rus.pdf) – Дата доступа:30.01.2024.
4. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. В.1. Температура воздуха [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-infor-matsii2/b-izmenenie-klimata/v-1-temperatura-vozduha/>– Дата доступа:30.01.2024.
5. Расчет и устройство тепловой изоляции оборудования и трубопроводов = Разлік і прыладацеплавайізаляцыіабсталявання і трубаправодаў : СП 4.02.04-2023. – Введ. 20.01.2024 (с отменой П1-2018 к ТКП 45-4.02-323-2018 (02250)). – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2024. – 106 с.