

температуры в помещениях в ночное время $\psi = 0,07$); A, P, Z — затраты соответственно на реновацию, текущий и капитальный ремонт и техническое обслуживание дополнительного оборудования (указанные затраты могут быть выражены в долях от капитальных затрат: $A + P + Z = 0,15K_d$ [6]).

Из равенств (1) и (2), приняв максимальный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_H = 1/E_H = 1/0,15 = 6,67$ лет [7], получаем выражение для определения минимальной тепловой мощности систем центрального отопления Q_M (Вт), при которой экономически целесообразно использовать в них микроЭВМ:

$$Q_M = \frac{K_d}{(3,6n_0 \cdot 24 (t_v - t_{cp}) / (t_v - t_H) \cdot c_T \psi - 0,15K_d) T_H} \quad (3)$$

Из табл. 1 следует, что в случае систем центрального отопления, автоматизируемых только по срезке температурного графика, применение микроЭВМ экономически целесообразно в центральном тепловом пункте для группы зданий, в остальных случаях — и для отдельных зданий объемом 10—15 тыс. м³.

Список литературы

1. Ридель М. Автоматизация работы инженерных систем здания // Водоснабжение и санитарная техника. 1983. № 12.
2. Каган Л.И. Применение микроЭВМ для оптимизации работы систем отопления и вентиляции // Техника, технология, орг. и экономика стр-ва. Мн., 1985. Вып. 11.
3. Дашевский М.Г., Поодус О.Г., Чельшкова Е.Н. Анализ систем автоматизации ЦТП // Системы вентиляции, отопления и теплоснабжения. М., 1983.
4. Ивянский А.З., Чибисова Л.Н. Учет солнечной радиации при автоматическом регулировании систем отопления // Системы вентиляции, отопления и теплоснабжения. М., 1983.
5. Методические рекомендации по расчету периодических режимов работы водяных систем отопления общественных зданий. М., 1984.
6. Богуславский Л.Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции. М., 1977. С.Н 509—78.
7. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., 1979.

УДК 666.973.2

О.И.ЮРКОВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

Решение проблемы рационального использования материальных и топливно-энергетических ресурсов предполагает высокие требования к теплозащитным качествам теплоизоляционных материалов, применяемых при строительстве и ремонте зданий, сооружений и теплоэнергетических установок. Кроме того, теплоизоляционные материалы должны обладать высокими показателями долговечности, прочности, огнестойкости, водо- и термостойкости. Производство их должно базироваться на достаточно простой и неэнергоёмкой технологии, при которой не требуются дефицитные исходные компоненты и обеспечивается достаточно низкая себестоимость материала.

В настоящее время для теплоизоляции трубопроводов систем тепло- и водоснабжения используются различные изделия (цилиндры, полуцилиндры, сегменты и др.) на основе минеральной ваты, перлита, вермикулита, асбеста. Находят также применение теплоизоляционные материалы из вспененных полимеров: полистирола, полиуретана и др. [1]. Однако эти изделия и материалы из-за присущих им тех или иных недостатков не в полной мере отвечают эксплуатационным требованиям.

Так, изделия из минеральной ваты [2], характеризующиеся малыми плотностью (до $75-150 \text{ кг/м}^3$) и теплопроводностью ($0,06-0,08 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$), имеют низкие прочностные показатели и высокие показатели водопоглощения, недолговечны. Фенольно-резольные пенопласты [1] при плотности $50-150 \text{ кг/м}^3$ и теплопроводности $0,04-0,05 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ огнестойки, но тоже характеризуются малой прочностью и высоким водопоглощением. Полистирольный и полиуретановый пенопласты [1] являются эффективными утеплителями, но горючи и имеют невысокую термостойкость (полистирольный пенопласт — $70-80^\circ\text{C}$).

Широкое применение вспученного перлита для производства различных теплоизоляционных материалов и изделий (битумоперлитовых, перлитофосфогелиевых, перлитцементных и др.) обусловлено значительными сырьевыми запасами перлита в стране, а также рядом его положительных качеств: огне- и биостойкостью, малой плотностью. Однако для вспученного перлита характерны как высокое водопоглощение, так и малая прочность. Для теплоизоляции трубопроводов применяют битумоперлит [3] в виде сегментов и скорлуп. Этот материал плотностью $350-500 \text{ кг/м}^3$ и теплопроводностью более $0,11 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ горюч, под действием тепла и влаги стареет и разрушается, вызывая повышенную коррозию труб.

Таким образом, большинству теплоизоляционных материалов на основе перлита независимо от вида связующего присущи высокое водопоглощение и низкая прочность или при достаточной прочности (цементоперлит, Армикс-3) повышенное водопоглощение. К тому же большинство перлитовых изделий (цементоперлит, перлитофосфатогелиевые изделия, Армикс-3, сапропеллерлит и др.) характеризуются большой энергоемкостью технологического процесса их изготовления. Тепловая обработка изделий толщиной $20-40 \text{ мм}$ при температуре $160-180^\circ\text{C}$ и выше продолжается в течение $8-36 \text{ ч}$.

В НПО "Жилкоммунтехника" Минжилкомхоза БССР разработан новый теплоизоляционный материал на основе вспученного перлита, который по сравнению с вышеупомянутыми известными материалами имеет ряд преимуществ: обладает высокими прочностными характеристиками, малыми теплопроводностью и водопоглощением, практически не горюч, не токсичен и биостоек.

В качестве исходных компонентов использовались следующие материалы: вспученный перлитовый песок марок 75 и 100 по ГОСТ 19832-83 Минского завода стройматериалов; отходы минераловатного производства ПО "Минскстройматериалы"; древесное волокно ПО "Борисовдрев"; водно-битумная эмульсия БАЭМ-50 по ТУ 401-87, изготавливаемая на производственной базе УЖХ Мингорисполкома.

При изготовлении экспериментальных образцов материала компоненты

исходного сырья дозировали по массе в пересчете на сухое вещество, смешивали в лабораторном гидроразбивателе. Формовочную смесь загружали в форму с перфорированным дном и подвергали прессованию в течение заданного времени при определенных давлении и температуре. Сформованные изделия подвергали сушке.

Расход исходного сырья для получения формовочной массы для изготовления одного образца в зависимости от его размеров и заданной плотности определяли следующим образом. Соотношение компонентов принимали из условия обеспечения необходимой огнестойкости разрабатываемого материала, т.е. чтобы он отвечал требованиям к трудногорючему материалу. При этом масса органической части не должна превышать 10 % от массы сухого вещества. Содержание компонентов по сухому веществу: вспученный перлит — 70–90 %, волокнистый компонент — 5–15, водно-битумная эмульсия — 5–15 %.

Расход воды для приготовления формовочной смеси принимали из условия обеспечения равномерного перемешивания компонентов в гидроразбивателе, он составлял 4–5 л на 1 кг сухих компонентов. В воду, отдозированную на замес, вводили битумную эмульсию и перемешивали их в течение 0,5–1 мин. Затем при непрерывном перемешивании вводили волокнистый компонент и перлит и перемешивали полученную смесь в течение 3–5 мин. Формовочной массой, влажность которой составляла 80–85 %, заполняли форму, снабженную пуансоном. Заполненную форму помещали в пресс, где масса уплотнялась до заданной толщины образца с отжимом избыточной воды (давление прессования составляло 0,05–1,5 МПа). Затем образцы в форме оставляли в прессе при указанном давлении и температуре 150–160 °С в течение 30–120 мин. После выдержки в прессе образцы извлекали из формы (при этом их влажность составляла 10–20 %) и подвергали сушке при температуре 150–160 °С в течение 2–4 ч в зависимости от толщины образца (40–120 мм) до остаточной влажности 3–5 %.

Изготовленные образцы подвергали испытаниям. В процессе эксперимента исследовали зависимость плотности материала от давления прессования, влияние волокнистого компонента и режима термообработки на физико-технические характеристики материала.

Зависимость плотности материала от давления прессования выявляли с помощью образцов, изготовленных из составов, содержащих 70, 15 и 15 % перлитового песка, волокнистого компонента и мастики БАЭМ соответственно. Расход компонентов (по массе) устанавливали из расчета получения материала плотностью 250 кг/м³. Приготовленную формовочную массу заливали в форму и помещали в пресс, где производилось уплотнение массы. При этом фиксировали прикладываемую нагрузку и толщину образца. Полученные данные (рис. 1) использованы при разработке рабочей документации на установку для формования теплоизоляционных полуцилиндров.

Исследование влияния волокнистого компонента проведено на образцах из составов, содержащих 70 % перлитового песка, 15 % волокнистого компонента и 15 % водно-битумной эмульсии БАЭМ. В качестве волокнистых компонентов использовали отходы минераловатного производства, древесное волокно как порознь, так и в сочетании (в соотношении 1:1 по массе). Из формовочной массы изготавливали образцы плотностью 350–400 кг/м³ одина-

Рис. 1. Зависимость плотности материала изделия от давления прессования

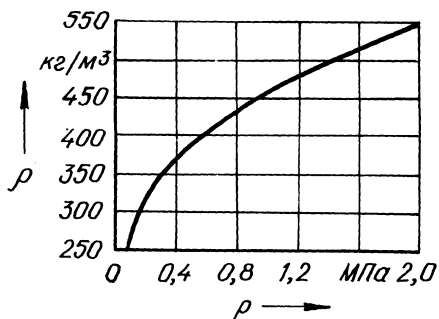


Табл. 1. Свойства теплоизоляционных материалов с волокнистыми компонентами

Волокнистый компонент	Плотность, кг/м ³	Прочность высушенного материала, МПа		Водопоглощение по массе, %
		при изгибе	при сжатии	
Отходы минераловатного производства	335	0,31	0,20	8
	403	0,34	0,23	9
Древесное волокно и отходы минераловатного производства (1:1)	350	0,44	0,43	7
	398	0,57	0,69	7
Древесное волокно	342	0,71	0,89	7
	408	0,86	0,98	6

Табл. 2. Свойства материала, содержащего 70 % перлитового песка, 15 % древесного волокна и отходов минеральной ваты (в соотношении 1:1) и 15 % водно-битумной эмульсии

Продолжительность прогрева образца, мин	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Влажность материала в момент распалубки образцов, %
		при изгибе	при сжатии	
30	356	0,36	0,38	19,8
40	360	0,37	0,38	17,4
60	352	0,42	0,49	15,1
80	357	0,43	0,48	12,9

Табл. 3. Физико-механические характеристики полуцилиндров

Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Водопоглощение (по массе), %
	при изгибе	при сжатии		
295	0,33	0,40	0,080	7,0
315	0,41	0,52	0,085	7,3
370	0,53	0,68	0,094	6,9

ковой толщины (50 мм). Параметры горячего прессования независимо от расчетной плотности материала были постоянны. Давление прессования составляло 0,3–0,6 МПа, время прогрева образцов в пресс-форме при температуре 160 °С – 60 мин. После распалубки и сушки образцов в течение 3–4 ч определяли плотность, прочность и водопоглощение материала. Как следует из табл. 1, введение древесного волокна способствует увеличению прочности и снижению водопоглощения материала. Прочность при изгибе образцов материала на основе древесного волокна более чем в 2 раза выше, чем материала на основе отходов минеральной ваты, а водопоглощение на 11–15 % ниже. Это, вероятно, связано с более высокой активностью древесного волокна в формировании структуры материала, а также более высокой его прочностью и лучшим сцеплением с битумом, входящим в состав мастики БАЭМ. Однако применение одного древесного волокна может привести к снижению огнестойкости изделий. Поэтому целесообразность применения волокнистого компонента того или иного вида или их сочетаний должна определяться степенью доступности сырья, требованиями к теплоизоляционным свойствам и огнестойкости получаемых изделий с соответствующим экономическим обоснованием.

Термообработка изделий в прессе – одна из основных операций, обеспечивающих получение материала с заданным уровнем физико-механических показателей. Исследование необходимой продолжительности прогрева проводили на образцах из одного материала определенного состава и плотности. При этом с помощью термопар фиксировали температуру в центре сечения и на поверхности образцов (в месте их контакта с обогреваемыми плитами прессы). Продолжительность прогрева определяли по достижении температуры поверхности изделий 150–160 °С. Она составляла 30, 40, 60 и 80 мин.

Длительность разогрева плит прессы, пресс-формы и сырьевой массы до достижения температуры поверхности образцов 150–160 °С при мощности нагревателей 7 кВт составляла 40–60 мин. После разогрева пресс-формы температура в центре сечения образца была в пределах 94–99 °С. Температуру поверхности образцов поддерживали постоянной путем варьирования мощности включаемых нагревателей. После прогрева образцов в прессе пресс-форму охлаждали, образцы распалубливали и высушивали в сушильном шкафу до остаточной влажности 3–5 %. Затем определяли прочностные свойства полученного материала (табл. 2).

При одинаковых плотности и толщине образцов увеличение продолжительности прогрева не дает прироста их прочности, что, вероятно, свидетельствует о завершении физико-химических процессов формирования структуры материала. Увеличение продолжительности прогрева с 60 до 80 мин приводит лишь к снижению расформовочной влажности материала и позволяет сократить длительность сушки изделий.

С целью проверки возможности получения изделий для теплоизоляции трубопроводов по предлагаемой технологической схеме было выполнено опытное формирование полуцилиндров длиной 0,4 м для труб диаметром 80 мм (рис. 2). Полуцилиндры получали из материала плотностью 300–400 кг/м³, состава, указанного в табл. 2.

Показано, что разработанная технология изготовления теплоизоляционных полуцилиндров позволяет получать материал с достаточно высокими

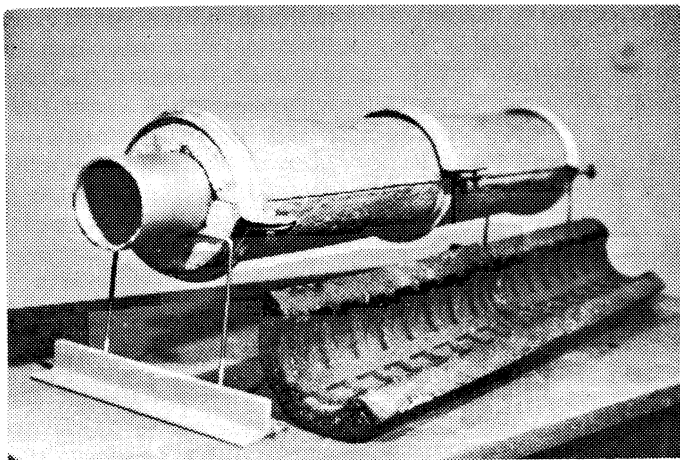


Рис. 2. Фрагмент трубопровода из перлитовых полуцилиндров

характеристиками прочности и теплоизоляционных свойств, низким водопоглощением (табл. 3) из недефицитных исходных компонентов. Общая продолжительность технологического цикла изготовления изделий не превышает 4—5 ч, т.е. значительно меньше, чем для подобных материалов, выпускаемых в настоящее время.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Кулешов И.В., Торнер Р.В. Теплоизоляция из вспученных полимеров. М., 1987.
2. Понonenко И.Ф., Шевченко О.Г. Волокна и теплоизоляционные материалы на их основе. Киев, 1985.
3. Горьинов К.Э., Горьинова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. М., 1982.

УДК 621.1.016.4

С.Н.ОСИПОВ

К РАСЧЕТУ ПОДЗЕМНОГО АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

При проектировании подземных аккумуляторов теплоты для отопления различных зданий необходимо знать температуру окружающего породного массива при прогреве сферическим источником тепла и последующем остывании по мере отбора накопленной теплоты. В связи с тем что в этом случае определить температуру пород непосредственным измерением затруднительно, так как для этого пришлось бы бурить специальную скважину, одним из путей решения поставленной задачи является аналитический расчет температурного поля.

При составлении математической модели процесса полагается, что в бесконечном изотропном породном массиве, распространение тепла в котором