

Устройство также содержит систему теплоснабжения, включающую: емкостной водонагреватель 25, контур отопления 28, включающий теплообменник 29, коллекторные распределительные трубы 31 с ответвлениями 32, трубопровод для нагретой воды 35, проточный водонагреватель 36 для доведения температуры горячей воды до требуемой технологической величины.

Система электроснабжения содержит фотоэлектрическую станцию (ФЭС) 40, ветроэлектрическую станцию (ВЭС) 41, микрогидроэлектростанцию (ГЭС) 42, блок управления 43.

УДК 621:662.997

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОРЕНОВАЦИИ ЗДАНИЙ

Пашинский В.А. к.т.н., доцент, Бутько А.А., инженер

*Международный государственный экологический университет
им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь*

Переход к массовому строительству энергоэффективного жилья предусмотрен Комплексной программой по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 гг. и на перспективу до 2020 г.[1]. В результате этого перед проектировщиками, строителями и эксплуатационниками возникла необходимость поиска новых конструктивно-технологических решений, строительных материалов направленных на повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций от 3,2 до $6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Bt}$.

Первым на решение данной проблемы откликнулся строительный рынок, на котором появились теплоизоляционные материалы используемые для тепловой защиты ограждающих конструкций зданий. В Республике Беларусь производятся такие теплоизоляционные материалы как минеральная (базальтовая) вата БЕЛТЕП марки ПТМ, пенополистирол (пенопласт) марки ППГ и плиты теплоизоляционные «Термопир». Технические характеристики минеральной ваты, пенополистирола и плит теплоизоляционных «Термопир» представлены в табл. 1.

Термореновация зданий является энергосберегающим мероприятием и достигается за счет увеличения термического сопротивле-

ния ограждающих конструкций, что позволяет уменьшить тепловые потери.

Капитальные вложения в изготовление термореновации здания площадью в 1000 м² различными теплоизоляционными материалами толщиной 50 мм приведены в табл. 2.

Таблица 1

Техническая характеристика теплоизоляционных материалов

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минераль-ная вата	Пенополи-стирол	«Термопир»
1	Плотность, кг/м ³	80–150	10–35	30–200
2	Теплопроводность при $t = 25^{\circ}\text{C}$, Вт/м·°C	0,04–0,041	0,036–0,044	≤0,023
3	Класс горючести	НГ	Г4	Г1
4	Прочность на сжатие при 10% линейной деформации (МПа)	10–50	0,04–0,25	0,29
5	Водопоглощение по объему за 24 ч, %	0,5	0,5–4	0,22
6	Паропроницаемость, мг/м·ч·Па	0,47–0,56	0,05	0,071
7	Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,18–0,25	0,25–0,40	0,29
8	Термостойкость, °C	НГ	110	150
9	Срок эксплуатации, лет	>50	50	50

Оценка эффективности использования средств, направляемых на реализацию энергосберегающих мероприятий, производится на основании системы показателей [2]: простого срока окупаемости; динамического срока окупаемости; чистого дисконтированного дохода; внутренней нормы доходности; индекса прибыльности.

Для расчета принятая термореновация здания площадью 1000 м², температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно равны 18 и -1,6 °C для г. Минск, продолжительность отопительного периода равна 202 сут.

Расчет годовой экономии тепловой энергии за счет снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции, простого срока окупаемости приведены в табл. 3.

Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД) для ставки дисконтирования (Е) 10% представлен в табл. 4.

Таблица 2

Капитальные вложения в термореновацию здания площадью 1000 м²

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минеральная вата	Пено-полистирол	«Термопир»
1	Плотность материала, кг/м ³	80	35	30
2	Стоимость материалов и приспособлений, млн. руб. в т.ч. теплоизоляция дюбеля сетка штукатурка краска	71,0 47,5 4,0 6,6 3,9 9,0	75,8 52,3 4,0 6,6 3,9 9,0	93,4 69,9 4,0 6,6 3,9 9,0
3	Стоимость строительно-монтажных работ, млн. руб.	35,5	37,9	46,7
4	Капиталовложения, млн. руб.	110,1	117,5	144,8

Таблица 3

Годовая экономия тепловой энергии и простой срок окупаемости

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минеральная вата	Пено-полистирол	«Термопир»
1	Величина достигнутого изменения термического сопротивления,	-1/1,25	-1/1,38	-1/2,17
2	Годовая экономия тепловой энергии, Гкал	59,82	64,23	106,89
3	Снижение потребления электроэнергии, кВт·ч	742	796	1325
4	Экономия топлива на источнике электроснабжения, т у.т.	0,208	0,223	0,371
5	Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии, т у.т.	11,0	11,81	19,6
6	Суммарная экономия топлива, т у.т.	11,21	12,03	19,97
7	Годовая экономия денежных средств, млн. руб.	23,1	24,8	41,1
8	Простой срок окупаемости капиталовложений лет	4,77	4,74	3,52

Динамический срок окупаемости, определяемый по таблице 3, равен для минеральной ваты и пенополистирола составляет соответственно 6,34 и 5,93 года, а для теплоизоляционных плит «Термопир» равен 4,19 года.

Внутренняя норма доходности определяется в точке, соответствующей нулевому значению чистого дисконтированного дохода и равна для плит «Термопир» 0,254, что выше ставки дисконтирования, а минеральной ваты и пенополистирола 0,178, что меньше ставки дисконтирования.

При расчете индекса прибыльности использовали итоговые значения эксплуатации здания за первые 10 лет. Для минеральной ваты $\tilde{I}_{\text{e}} = 1,41$, пенополистирола $\tilde{I}_{\text{e}} = 1,42$ и плит «термопир» $\tilde{I}_{\text{e}} = 1,86$.

Таким образом, в результате расчета полученные значения динамического срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности и индекса прибыльности подтверждают эффективность использования кредитных средств, при ставке дисконтирования 10% и направляемых на выполнение данного энергосберегающего мероприятия для всех теплоизоляционных материалов.

Таблица 4

Расчет чистого дисконтированного дохода

Год	Рента Rt , млн. руб			ЧДД при $E = 0,1$		
	М	П	М	П	М	П
0	-	-	-	-110,1	-117,5	-144,8
1	25,3	27,2	44,0	-82,3	-92,8	-104,8
2	25,3	27,2	44,0	-61,4	-70,3	-68,5
3	25,3	27,2	44,0	-42,4	-49,8	-35,4
4	25,3	27,2	44,0	-25,5	-31,2	-5,3
5	25,3	27,2	44,0	-9,8	-14,3	22,0
6	25,3	27,2	44,0	-4,5	1,0	46,8
7	25,3	27,2	44,0	8,5	15,0	69,4
8	25,3	27,2	44,0	20,3	27,7	89,9
9	25,3	27,2	44,0	31,0	39,2	108,5
10	25,3	27,2	44,0	40,8	49,7	125,5
Итого	253,0	272,0	440,0			

Примечание: М –Минеральная вата, П – пенополистирол; Т – «Термопир»

Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 июня 2009 г. № 706 «Об утверждении Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года».
2. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь, Министерства энергетики Республики Беларусь и Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2003 г. № 252/45/7 «Об утверждении Инструкции по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий».