

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕЗИРОВАННОГО ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ И ШЛАКОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация. Проведены сравнения энергоэффективности и технико-экономических параметров применения основных строительных материалов для ограждающих конструкций. В результате анализа определено, что применение синтезированного пенобетона из золошлаковых материалов теплоэлектрических станций обладает лучшими показателями теплопроводности и имеет минимальную стоимость строительства и эксплуатации по сравнению с другими традиционными строительными материалами.

Ключевые слова: синтезированный пенобетон, энергоэффективность, технико-экономические параметры, сравнительный анализ, стоимость строительства, эксплуатационные расходы.

Современные условия развития строительной отрасли выдвигают повышенные требования к экономически обоснованным технологиям и экологичности применяемых материалов. В статье рассматривается один из основных строительных материалов широкого спектра применения от несущих до ограждающих конструкций - синтезированный пенобетон. Рецепт пенобетона может включать в свой состав побочные продукты эксплуатации теплоэлектростанций (ТЭС) золы и шлаки. В настоящий момент в стране накоплены миллионы тонн шлаков, под их хранение задействованы сотни гектар земли. Таким образом применение золошлаковых материалов (ЗШМ) в синтезе пенобетонов решает в том числе экологическую задачу по ликвидации золоотвалов ТЭС.

Рассмотрение экономических аспектов применения синтезированного пенобетона из ЗШМ включает в себя оценку по трем параметрам:

1. Оценка энергоэффективности по сравнению с кирпичом строительным, теплоизоляционным пустотелым кирпичом, пенобетоном автоклавного твердения. Энергоэффективность является ключевым аспектом технико-экономического обоснования применения материалов, т.к. определяет расход материала на единицу площади.
2. Стоимость строительства. Сравнение произведено с кладкой из кирпича (630 мм), стеновых панелей «Паркон» (350 мм), комбинированной ограждающей конструкции (кладка из кирпича и газобетона 650 мм), синтезированного пенобетона из ЗШМ (415 мм)
3. Эксплуатационные расходы. Сравнение произведено аналогично п.2.

Оценка энергоэффективности [1] применения синтезированного пенобетона в изделиях производилась в сравнении с традиционными стеновыми материалами, в том числе с изделиями из ячеистого бетона автоклавного твердения и состояла из:

1. Теплотехнического расчета толщины ограждающей конструкции стены, необходимой для обеспечения требуемого сопротивления теплопередачи – R ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт;
2. Расчета приведенных строительных и эксплуатационных затрат при строительстве сооружений из различных стеновых строительных материалов;
3. Расчета показателя энергоэффективности функционирования синтезированного пенобетона в ограждающих конструкциях промышленных сооружений по сравнению с альтернативными строительными материалами.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.



Таблица 1

Эквивалентная толщина стены ограждающей конструкции
 из различных строительных материалов

Материал стеновой кладки	Толщина, δ (м)
Кирпича	1,2
Кладка из теплоизоляционного кирпича	0,95
Пенобетон автоклавного твердения	0,6
Синтезированный пенобетон автоклавного твердения	0,4

Синтезированный пенобетон с наименьшей плотностью обладает наименьшей теплопроводностью.

Оценка единовременных (капитальных) инвестиционных вложений (стоимости строительства) по вариантам оцениваемых конструктивных систем приведена ниже.

Длина здания – 36 м

Ширина – 9,2 м

Высота – 15 м

Количество окон – 130 штук

S окна – 2,4 м

Общая площадь наружных стен – 1302 м²

Общая площадь минус площадь окон – 990 м²

1. Стоимость 1 м. кв. кладки стен из кирпича, толщина стены – 630мм.

Прямые затраты – 4 615 руб./ м.кв.

Прямые затраты на строительство здания с кирпичными наружными стенами:

$$Z_{\text{кп}} = (4615 \cdot 1302 \cdot 100) / 22 = 27\,312\,409 \text{ руб.}$$

Сметная стоимость строительного-монтажных работ по зданию составит:

$$C_{\text{смп}} = Z_{\text{кп}} + \text{Нр} + \text{Пн},$$

Где Нр – накладные расходы;

$$\text{Нр} = 27\,312\,409 \cdot 20\% = 5\,462\,419 \text{ руб.}$$

Пн – плановые накопления.

$$\text{Пн} = 27\,312\,409 \cdot 12\% = 3\,277\,490 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{смп}} = 27\,312\,409 + 5\,462\,419 + 3\,277\,490 = 36\,052\,318 \text{ руб.}$$

2. Стоимость 1 м.кв. комбинированной кладки стен из кирпича и газобетона (250 + 375 + 25), толщина стены – 650 мм.

Прямые затраты – 3 980 руб./ м.кв.

Прямые затраты на строительство сооружения с комбинированными наружными стенами:

$$Z_{\text{кп}} = (3980 \cdot 1302 \cdot 100) / 22 = 23\,554\,346 \text{ руб.}$$

Сметная стоимость строительного-монтажных работ по сооружению составит:

$$C_{\text{смп}} = Z_{\text{кп}} + \text{Нр} + \text{Пн},$$

Где Нр – накладные расходы;

$$\text{Нр} = 23\,554\,346 \cdot 20\% = 4\,710\,869 \text{ руб.}$$

Пн – плановые накопления.

$$\text{Пн} = 23\,554\,346 \cdot 12\% = 2\,826\,522 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{смп}} = 23\,554\,346 + 4\,710\,869 + 2\,826\,522 = 31\,091\,737 \text{ руб.}$$

3. Стоимость 1 кв.м., из стеновых панелей «Паркон», толщина стены – 350 мм.

Прямые затраты – 5900 руб./ м.кв.

Прямые затраты на строительство сооружения со стенами из стеновых панелей «Паркон»:

$$Z_{\text{кп}} = (5900 \cdot 1302 \cdot 100) / 22 = 34\,917\,273 \text{ руб.}$$

Сметная стоимость строительного-монтажных работ по сооружению составит:

$$C_{\text{смп}} = Z_{\text{кп}} + \text{Нр} + \text{Пн},$$



Где Нр – накладные расходы;

$$\text{Нр} = 34\,917\,273 * 20\% = 6\,983\,455 \text{ руб.}$$

Пн – плановые накопления.

$$\text{Пн} = 34\,917\,273 * 12\% = 4\,190\,073 \text{ руб.}$$

$$\text{С}_{\text{смп}} = 34\,917\,273 + 6\,983\,455 + 4\,190\,073 = 46\,090\,801 \text{ руб.}$$

4. Стоимость 1 м. кв. стены из синтезированного пенобетона (15 + 375 + 25), толщина стены – 415 мм.

Прямые затраты – 2890 руб./ м.кв.

Прямые затраты на строительство сооружения со стенами из пенобетона:

$$\text{З}_{\text{кп}} = (2890 * 1302 * 100) / 22 = 17\,103\,545 \text{ руб.}$$

Сметная стоимость строительно-монтажных работ по сооружению составит:

$$\text{С}_{\text{смп}} = \text{З}_{\text{кп}} + \text{Нр} + \text{Пн},$$

Где Нр – накладные расходы;

$$\text{Нр} = 17\,103\,545 * 20\% = 3\,420\,709 \text{ руб.}$$

Пн – плановые накопления.

$$\text{Пн} = 17\,103\,545 * 12\% = 2\,052\,425 \text{ руб.}$$

$$\text{С}_{\text{смп}} = 17\,103\,545 + 3\,420\,709 + 2\,052\,425 = 22\,576\,679 \text{ руб.}$$

Таким образом, сметная стоимость строительно-монтажных работ по сооружению

– со стенами из синтезпенобетона:

$$\text{С}_{\text{смп}} = 22\,576\,679 \text{ руб.}$$

– с комбинированными наружными стенами:

$$\text{С}_{\text{смп}} = 31\,091\,737 \text{ руб.}$$

– с кирпичными наружными стенами:

$$\text{С}_{\text{смп}} = 36\,052\,318 \text{ руб.}$$

– со стенами из стеновых панелей «Паркон»:

$$\text{С}_{\text{смп}} = 46\,090\,801 \text{ руб.}$$

Оценка ежегодных эксплуатационных расходов (расходы на текущий и капитальный ремонты) может проведена расчётным путём в соответствии с «Руководством по определению эксплуатационных затрат и применению их для оценки экономической эффективности при проектировании объектов капитального строительства» по соответствующим нормативам на текущие и капитальные ремонты от стоимости строительства конструктивных систем.

Ежегодные эксплуатационные расходы (расходы на текущие и капитальные ремонты) в соответствии с таблицей 2 приложения 2 «Руководства по определению эксплуатационных затрат и применению их для оценки экономической эффективности при проектировании объектов капитального строительства» составляют:

- для конструктивной системы из синтезированного пенобетона:

$$22\,576\,679 * (0,0025 + 0,0069) = 212\,221 \text{ рублей};$$

- для комбинированной конструктивной системы:

$$31\,091\,737 * (0,0025 + 0,0069 + 0,0045 + 0,0019) / 2 = 245\,625 \text{ рублей};$$

- для конструктивной системы из кирпича:

$$36\,052\,318 * (0,0045 + 0,0019) = 230\,735 \text{ рублей};$$

- для конструктивной системы из панелей «Паркон»:

$$46\,090\,801 * (0,0018 + 0,0037) = 253\,499 \text{ рублей.}$$

Срок проектирования и строительства в соответствии со СНиП 1.04.03 – 85* [2] для всех четырех конструктивных систем можно принять одинаковым и равным 1^{му} году.

Расчетный период принят для всех конструктивных систем одинаковым и равным 20 годам.

Расчетная годовая норма дисконтирования принята для всех конструктивных систем одинаковой и равной 10%.

Результаты расчетов экономической эффективности для вариантов конструктивных систем сооружений представлены в таблице 2.



Таблица 2

Результаты расчетов экономической эффективности для вариантов конструктивных систем сооружений

Конструктивная система	Затраты на строительство, руб	Ежегодные затраты на эксплуатацию, руб	Приведенные затраты, руб
Со стенами из золопенобетона	22 576 679	212 221	24 383 436
Комбинированная	31 091 737	245625	33 182 881
Со стенами из кирпича	36 052 318	230 735	38 016 695
Со стенами из панелей «Паркон»	46 090 801	253 499	48 248 981

Таким образом, наиболее эффективной конструктивной системой сооружения, исходя из минимума величины приведенных затрат, является конструктивная система со стенами из синтезированного пенобетона, с величиной приведенных затрат 24 383 436 рублей.

Из рисунка 1 следует, что наилучшим является использование синтезированных пенобетонных изделий.

Например, в сравнении с панелями «Паркон» показатель технико-экономической эффективности повышается почти в два раза, кирпича до 60%, комбинированной стены из кирпича и газобетонных блоков до 40%.

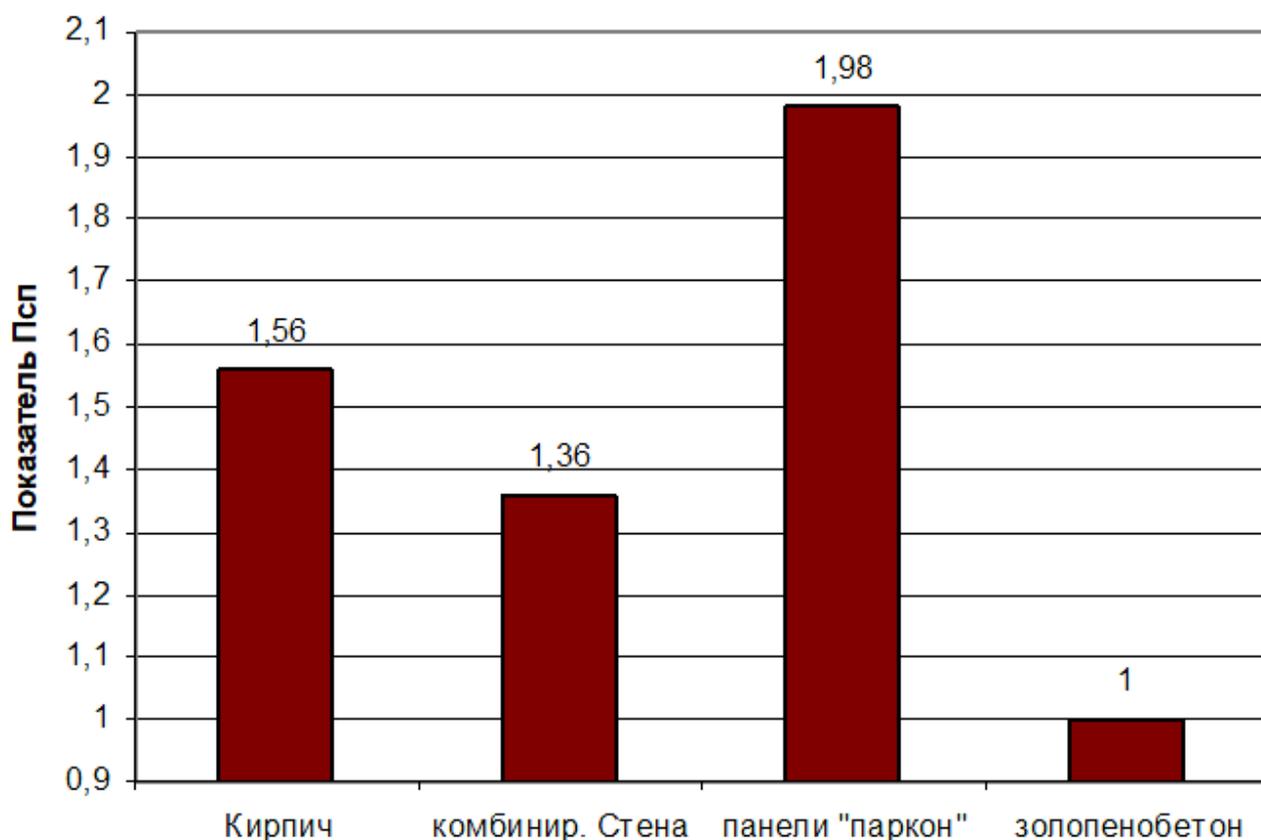


Рисунок 1 – Показатель технико-экономической эффективности различных строительных материалов

Применение синтезированного пенобетона из ЗШМ за счет энергоэффективности, путем снижения теплопроводности и уменьшения толщины возводимой стены, уменьшает капиталовложения при строительстве и реконструкции зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения.



Анализ технико-экономической эффективности применения синтезированных пенобетонных изделий при строительстве и эксплуатации позволяет сделать следующие выводы:

1. Показатель технико-экономической эффективности возрастает до 36% при сравнении синтезпенобетона с кирпичом.
2. Эффективность применения изделий синтезпенобетона из ЗШМ, по сравнению с другими стеновыми материалами, выше до 55% и максимальна в сравнении с панелями «Паркон».

Список литературы:

1. СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» Российский Институт Стандартизации, Москва, 2024 г.
2. СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», Москва, 1991

