

КУПРИЯШКИНА Л. И., ОСИНА П. Н., ПИКСИНА Е. В., ЕРМОЛАЕВ Д. Н.
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ
В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье дан анализ применения вакуумных теплоизоляционных панелей (ВИП-панелей), разработанных на базе местного сырья. Приведен расчет сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций жилого здания. Показаны конструкции многоэтажного жилого здания с учетом эффективной толщины вакуумной теплоизоляции.

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, ограждающие конструкции, вакуумная теплоизоляционная панель, наполнитель, теплопередача, утеплитель, толщина слоя, изоляция.

KUPRIYASHKINA L. I., OSINA P. N., PIXINA E. V., ERMOLAYEV D. N.
ECONOMIC JUSTIFICATION OF EXPEDIENCY
APPLICATIONS OF VACUUM THERMAL INSULATION
IN ENCLOSING STRUCTURES OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Abstract. The article analyzes the use of vacuum thermal insulation panels (VIP-panels) developed on the basis of local raw materials. The calculation of the heat transfer resistance of the enclosing structures of a residential building is given. The designs of a multistory residential building are shown taking into account the effective thickness of vacuum insulation.

Keywords: coefficient of thermal conductivity, enclosing structures, vacuum thermal insulation panel, filler, heat transfer, insulation, layer thickness, insulation.

В условиях преодоления экономикой страны кризисных явлений российские предприятия стремятся не потерять ожидаемую прибыль и рассчитывают, по возможности, её увеличить. На увеличение прибыли влияет как рост доходов, так и сокращение расходов. Снизить стоимость строительства можно, в том числе, и за счет применения современных материалов. Наиболее оптимальным решением, с точки зрения затрат, является утепление стен, что позволяет снизить стоимость и сделать дом более комфортным для проживания. Наиболее эффективным и перспективным теплоизоляционным материалом в настоящее время является вакуумная теплоизоляция. Согласно расчетам для жилого многоэтажного дома, фасад которого представлен на рисунке 1, требуется 1077 м³ кирпичной кладки и 2100 м² утеплителя. В качестве наполнителя в разработанных ВИП-панелях вместо микрокремнезема марки Конасил-200 использовался микрокремнезем, полученный из диатомита Атемарского месторождения Республики Мордовия, а также 10% диоксида титана,

12,5% минерального волокна, что существенно уменьшило себестоимость панели (оболочка – 12 мкм PETmet), составившей 473,4 руб./м².



Рис. 1. Фасад жилого многоэтажного дома.

Для сравнения был проведен расчет нескольких вариантов себестоимости ограждающих конструкций рассматриваемого жилого здания (рис. 2). Согласно сравнительному анализу, применение вакуумной панели в качестве теплоизоляционного слоя может способствовать снижению себестоимости ограждающих конструкций на 2 529 660 руб. относительно конструкции с утеплителем Rockwool Фасад Баттс, и на 11 736 000 руб. относительно конструкции из поризованного кирпича при обеспечении одинакового сопротивления теплопередачи.

С учетом полученного коэффициента теплопроводности предлагаемых ВИП-панелей был проведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилого дома (рис. 3 – 5) с использованием в качестве теплоизоляционного материала разработанных вакуумных панелей разной толщины. Требуемое сопротивление теплопередаче для наружных стен должно быть (согласно требований СП 50.13330.2012) не менее 3,30 (м²·°C)/Вт, для конструкций перекрытий над неотапливаемым подвалом – не менее 3,90 (м²·°C)/Вт, для утепления кровли – не менее 4,90 (м²·°C)/Вт. Результаты расчетов сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилого дома с использованием вакуумного теплоизоляционного материала толщиной 20 и 30 мм для наружных стен, толщиной 30 и 40

мм для перекрытий над неотапливаемым подвалом и кровельного покрытия такой же толщины приведены в таблице 1, где R_0^{Tr} – требуемое сопротивление теплопередаче, R_f – фактическое сопротивление теплопередаче.

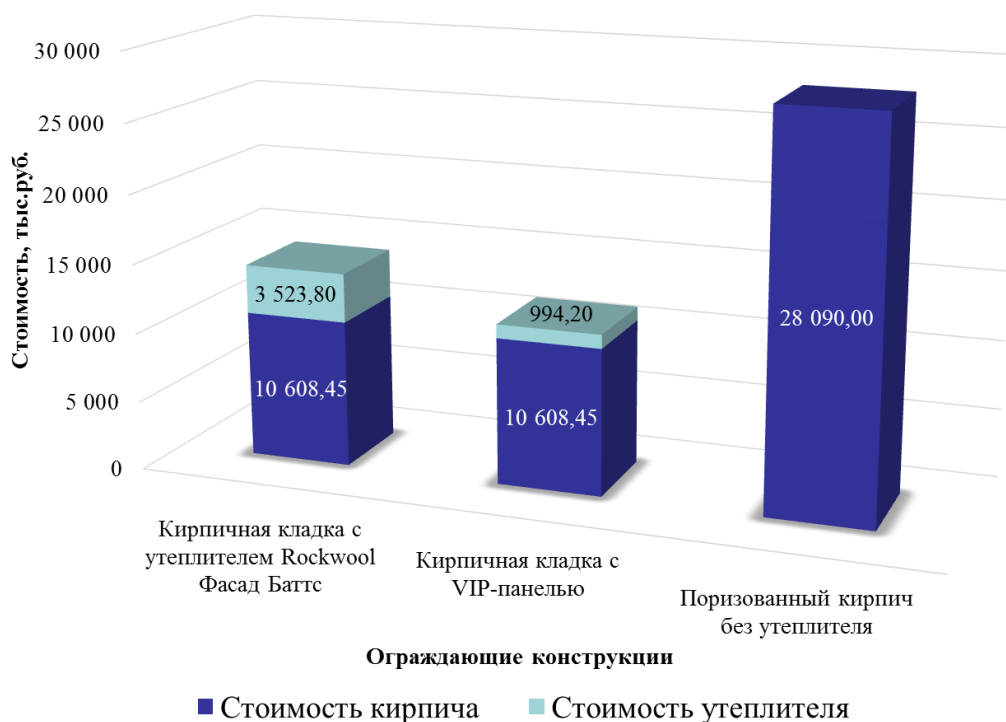


Рис. 2. Экономическое обоснование целесообразности применения вакуумной теплоизоляции в ограждающих конструкциях.

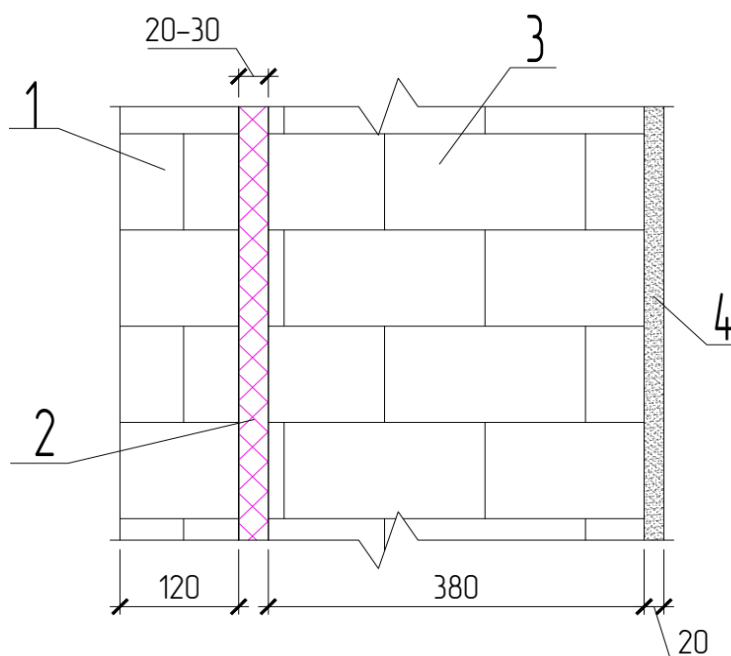


Рис. 3. Конструкции стен из кирпичной кладки с вакуумным утеплителем:
 1 – облицовка из кирпича 120 мм, 2 – вакуумная панель 20 – 30 мм,
 3 – кладка кирпичная 380 мм, 4 – известково-песчаная штукатурка 20 мм.

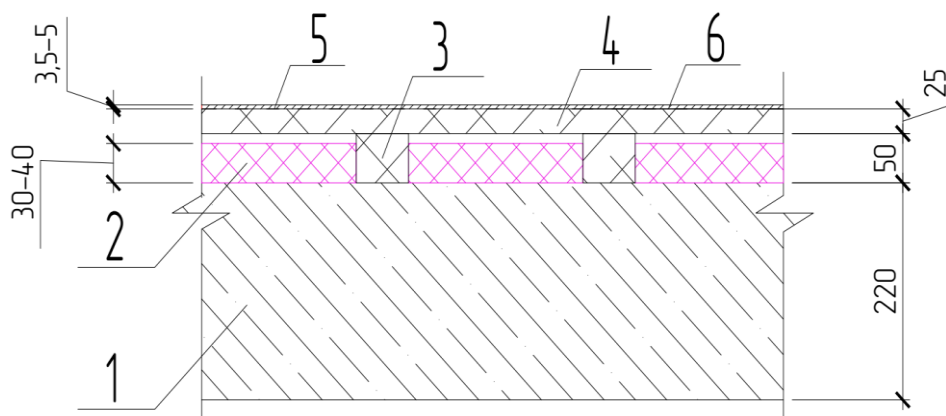


Рис. 4. Конструкция перекрытия над неотапливаемым подвалом с применением вакуумных панелей: 1 – плита перекрытия 220 мм; 2 – вакуумная панель 30 – 40 мм; 3 – лаги; 4 – фанера/дощатые полы 25 мм; 5 – подложка вспененная 1 слой; 6 – пол (щиты паркетные) 3,5-5 мм.

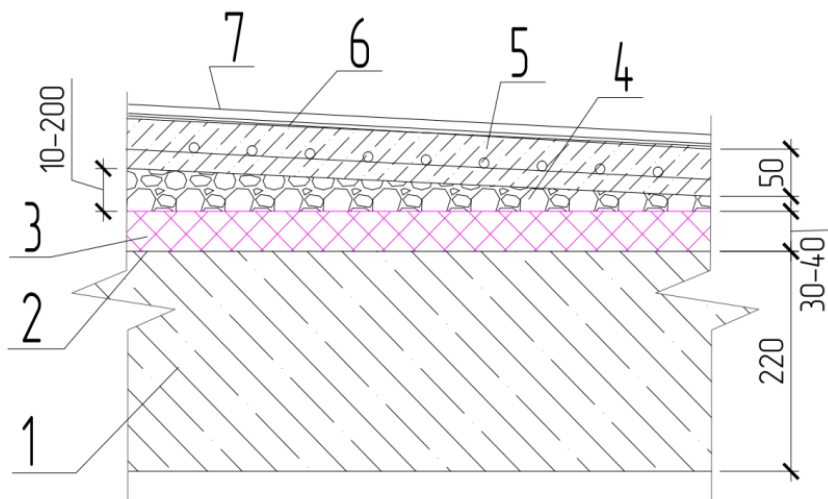


Рис. 5. Конструкция покрытия с использованием вакуумного утеплителя: 1 – железобетонная плита покрытия 220мм, 2 – унифлекс ТПП, 1 слой, 3 – вакуумная панель 30 мм, 4 – керамзитобетонный гравий 10 – 200 мм, 5 – армированная ц/п стяжка – 50 мм, 6 – праймер битумный, 7 – техноэласт.

Таблица 1

Сопротивление теплопередачи конструкций

Ограждающие конструкции	Сопротивления теплопередаче с учетом толщины утеплителя ($\sigma_{\text{ут}}$), ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт	
	при $\sigma_{\text{ут}} = 20$ мм $R_{\text{ф}} = 3,33 > R_0^{\text{Тр}} = 3,30$	при $\sigma_{\text{ут}} = 30$ мм $R_{\text{ф}} = 4,55 > R_0^{\text{Тр}} = 3,30$
Перекрытия над неотапливаемым подвалом	при $\sigma_{\text{ут}} = 30$ мм $R_{\text{ф}} = 4,02 > R_0^{\text{Тр}} = 3,90$	при $\sigma_{\text{ут}} = 40$ мм $R_{\text{ф}} = 5,24 > R_0^{\text{Тр}} = 3,90$
Кровельное покрытие	при $\sigma_{\text{ут}} = 30$ мм $R_{\text{ф}} = 6,00 > R_0^{\text{Тр}} = 4,90$	при $\sigma_{\text{ут}} = 40$ мм $R_{\text{ф}} = 7,22 > R_0^{\text{Тр}} = 4,90$

Расчеты и анализ применения ВИП-панелей, разработанных на базе местного сырья, позволяет сделать следующие выводы:

- для получения качественных вакуумных теплоизоляционных панелей, которые можно использовать в качестве теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях жилых зданий, широко используемый наполнитель микрокремнезем марки Конасил-200, можно заменить на не менее эффективный диоксид кремния, полученный из диатомита Атемарского месторождения республики Мордовия [1];
- использование вакуумной изоляции позволит увеличить полезную площадь помещения жилого здания за счет снижения толщины утеплителя;
- для уменьшения коэффициента теплопроводности в состав наполнителя вакуумной панели можно ввести до 10% диоксида титана и 12,5% минерального волокна и использовать оболочку – 12 мкм PETmet [2];
- оптимальная толщина ВИП-панелей для применения в ограждающих конструкциях из кирпичной кладке – 30 мм, для утепления перекрытия – 40 мм, для утепления кровли – 40 мм.
- коэффициент теплопроводности вакуумных панелей стабилен, изменяется во время эксплуатации не значительно;
- применение в качестве утеплителя ВИП-панелей экономически выгодно при строительстве жилых зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2740995 Российская Федерация, МПК С 01 В 33/18 Способ получения микрокремнезема из природного диатомита осаждением раствора азотной кислоты / В. П. Селяев, Л. И. Куприяшкина, А. А. Седова, Д. Л. Карандашов, М. А. Муханов; заявитель Мордов. гос. ун-т им. Н.П. Огарёва. № 2020116983; заявл. 22.05.2020; опубл. 22.01.2021, Бюл. № 3. – 7 с.
2. Долгов И. П., Киселев Н. Н., Куприяшкина Л. И., Нурлыбаев Р. Е., Селяев В. П. Разработка вакуумных панелей на основе микрокремнезема из наноструктурированного порошка частиц диатомита [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2018. – № 9. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/razrabotka-vakuumnyx-panelej-na-osnove-mikrokremnezema-iz-nanostrukturirovannogo-poroshka-chastic-diatomita> (дата обращения 10.03.2023).