

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 м^3 кирпичной кладки и 2100 м^2 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·°С)/Вт, для конструкций перекрытий над неотапливаемым подвалом – не менее 3,90 (м²·°С)/Вт, для утепления кровли – не менее 4,90 (м²·°С)/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_{ϕ} – фактическое сопротивление теплопередаче.

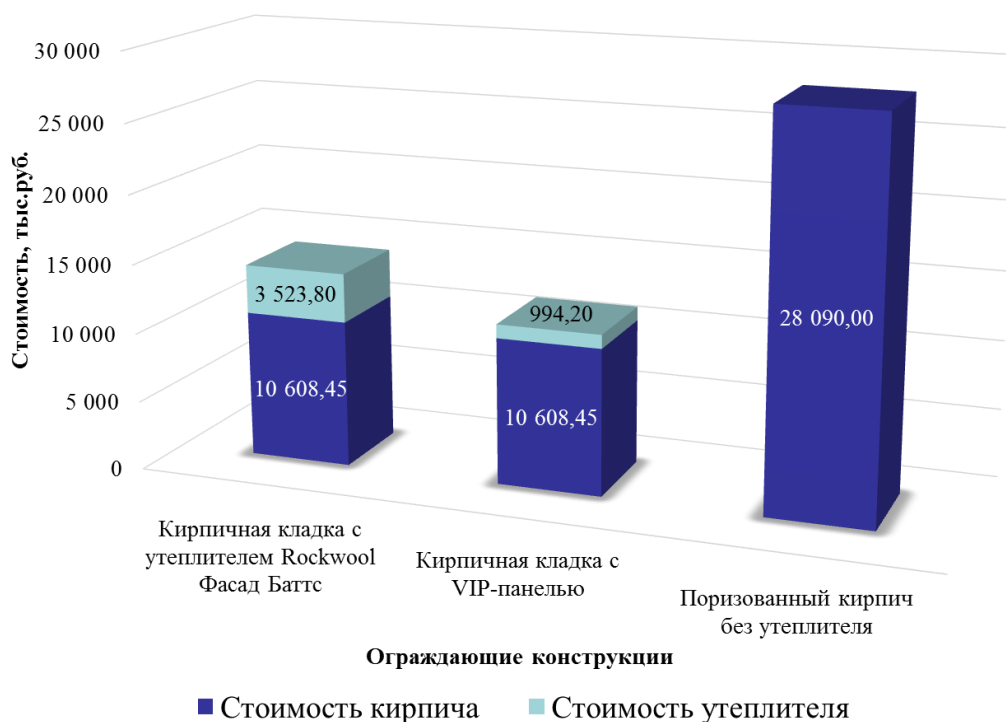


Рис. 2. Экономическое обоснование целесообразности применения вакуумной теплоизоляции в ограждающих конструкциях.

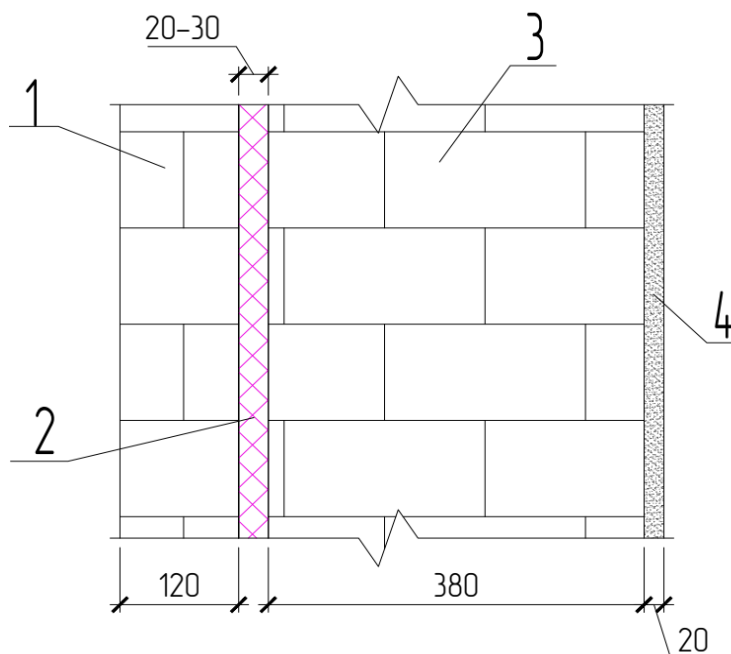


Рис. 3. Конструкции стен из кирпичной кладки с вакуумным утеплителем:
 1 – облицовка из кирпича 120 мм, 2 – вакуумная панель 20 – 30 мм,
 3 – кладка кирпичная 380 мм, 4 – известково-песчаная штукатурка 20 мм.

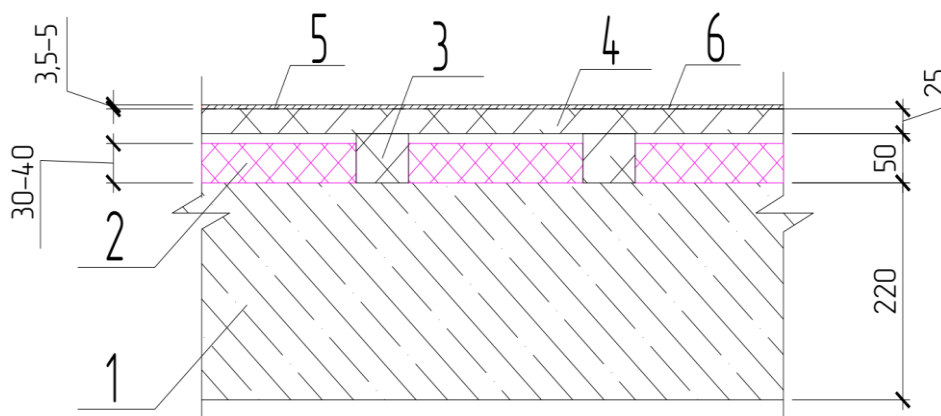


Рис. 4. Конструкция перекрытия над неотапливаемым подвалом с применением вакуумных панелей: 1 – плита перекрытия 220 мм; 2 – вакуумная панель 30 – 40 мм; 3 – лаги; 4 – фанера/дощатые полы 25 мм; 5 – подложка вспененная 1 слой; 6 – пол (щиты паркетные) 3,5-5 мм.

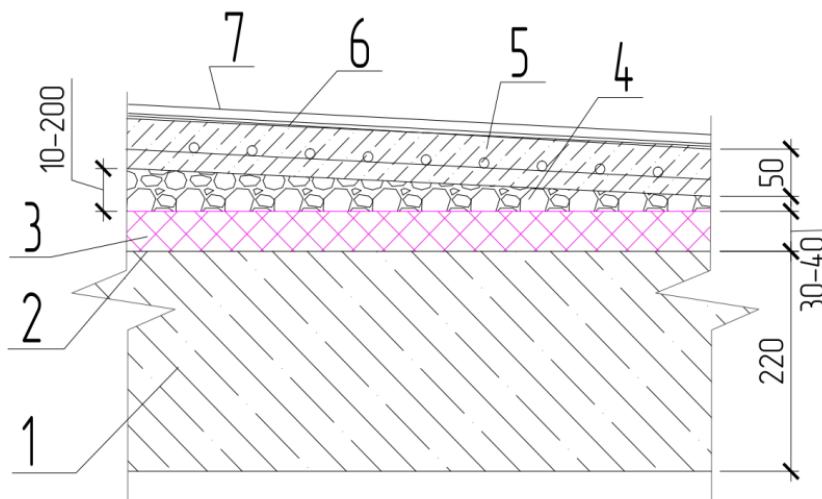


Рис. 5. Конструкция покрытия с использованием вакуумного утеплителя: 1 – железобетонная плита покрытия 220мм, 2 – унифлекс ТПП, 1 слой, 3 – вакуумная панель 30 мм, 4 – керамзитобетонный гравий 10 – 200 мм, 5 – армированная ц/п стяжка – 50 мм, 6 – праймер битумный, 7 – техноэласт.

Таблица 1

Сопротивление теплопередачи конструкций

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

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).