

# THE DEVELOPMENT OF FIRE-RESISTANT AND ENERGY-SAVING SANDWICH PANELS

Lemeshko M.A.<sup>1</sup>, Oligov U.B.<sup>2</sup> (Russian Federation)

Email: Lemeshko336@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Lemeshko Mikhail Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

<sup>2</sup>Oligov Umar Bashirovich – Graduate Student,  
DEPARTMENT CONSTRUCTION AND TECHNOGENIC SAFETY,  
INSTITUTE OF SERVICE SECTOR AND ENTREPRENEURSHIP (BRANCH)  
DON STATE TECHNICAL UNIVERSITY,  
SHAKHTY

**Abstract:** set forth the idea of creating a fire-safe and energy-efficient building envelopes and structures type "sandwich panel". This kind of construction products, widely used in the construction of thermally insulated buildings. With its high insulating properties, durability, easy installation sandwich panels used in the construction of buildings for civil and industrial purposes. As those playsomebody layer in a typical sandwich panels most often used polyurethane foam, have a total high heat resistance. However, the use of this material decreases the fire safety of these structures. The results of research of new energy-efficient and fire-safe sandwich-panel shows higher insulating properties of the new design, it also demonstrates the advantage of the developed sandwich panels compared to the standard design.

**Keywords:** sandwich panel, improve insulation, cell structure insulating layer.

## РАЗРАБОТКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

Лемешко М.А.<sup>1</sup>, Олигов У.Б.<sup>2</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>Лемешко Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Олигов Умар Баширович – магистрант,  
кафедра строительства и техногенной безопасности,  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донской государственной технической университет,  
г. Шахты

**Аннотация:** в работе изложена идея создания пожаробезопасных и энергоэффективных ограждений зданий и сооружений типа «сэндвич-панель». Этот вид строительных изделий широко применяется при строительстве теплоизолированных зданий и сооружений. В качестве теплоизолирующей прослойки в типовых сэндвич-панелях чаще всего используют пенополиуретан, обладающий высоким термическим сопротивлением. Однако использование этого материала снижает пожаробезопасность этих конструкций. Приведены результаты исследований новой энергосберегающей и пожаробезопасной сэндвич-панели, показаны более высокие теплоизолирующие свойства новой конструкции, показано также преимущество разработанной сэндвич-панели по сравнению с типовой конструкцией.

**Ключевые слова:** сэндвич-панель, улучшение теплоизоляции, ячеистая структура теплоизолирующего слоя.

Энергосбережение – является одной из актуальных проблем при эксплуатации гражданских и промышленных зданий и сооружений. На этапе проектирования объектов строительства, важной задачей является поиск конструкторских и технологических решений, обеспечивающих сокращение затрат на поддержание комфортных температур при эксплуатации этих объектов [1].

В европейской практике реализуется задача перехода к массовому применению технологий так называемого «Пассивного дома», т.е. дома–термоса, в котором обеспечивается нулевой или даже положительный тепловой баланс здания, а работа систем отопления рассматривается в контексте управления внутренним климатом здания и воздухообмена вовремя пребывания людей в здании [2].

Одним из вариантов достижения цели энергосбережения является метод строительства зданий и сооружений с использованием ограждающих конструкций из сэндвич-панелей. При этом целесообразно учитывать вопросы пожаробезопасности этих строительных изделий.

Известно, что сэндвич-панели обладают относительно хорошими теплоизолирующими свойствами. Они применяются как дешевый и быстровозводимый материал при строительстве зданий и сооружений каркасного типа, и как утепляющие панели при реконструкции зданий, стены которых имеют низкое термическое сопротивление.

Наиболее часто применяются сэндвич-панели состоящие из двух внешних слоев из листового или

профилированного металла и из средней части, соединяющей внешние слои - плиты из пенополиуретана. Технология изготовления таких сэндвич-панелей хорошо разработана. Эффективность ограждений из рассматриваемых изделий – сэндвич-панелей на основе пенополиуретана показана в сравнении с другими строительными материалами в таблице 1.

Как видно, при условии равного термосопротивления различных материалов, толщина плиты из пенополиуретана имеет наименьшее значение.

Для разработки энергоэффективной сэндвич-панели рассмотрим термические сопротивления различных строительных материалов и газов с низкой теплопроводностью.

Таблица 1. Сравнение теплоизолирующих свойств строительных материалов

Материал	Теплопроводность, Вт/м °С	Эквивалентная толщина, мм
Кирпичная кладка	0,8 -0,87	650
Керамзитобетон	1,1-1,2	500
Пенобетон	0,3-0,65	250
Дерево	0,18-0,20	140
Минераловатные плиты	0,039-0,047	60
Пробка	0,036-0,038	50
Пенополистирол	0,030-0,034	40
Пенополиуретан	0,024-0,026	25

В таблице 2 приведены показатели теплопроводности материалов и газов для близких условий (температуры) [3]. Следует учитывать, что значения показателей теплопередачи зависит от плотности материала, а для газов - от давления, температуры и влажности. Как видно, одним из перспективных материалов, для решения задачи по разработке энергоэффективной сэндвич-панели, является пенополиуретан. Представляет также интерес использование метода вакуумирования воздуха или аргона, или использование инертных газов аргона и криптона без их вакуумирования для конструирования ограждающих теплоизолирующих панелей.

Предложен способ изготовления сэндвич-панелей с уменьшенной степенью запенивания пространства между каркасными оболочками - металлическими или пластиковыми листами. Часть пены теплоизолирующей плиты удаляется в форме круглых или прямоугольных отверстий по толщине плиты. Образующиеся пустоты соединяются воздухопроводными каналами и из них воздух вакуумируется или пустоты заполняются инертным газом аргоном или криптоном. Идея использовать вакуум для теплоизоляции плоских ограждений не нова. Например, для улучшения теплоизоляции шкафа холодильника предложен метод вакуумирования его стенок [4].

Таблица 2. Показатели теплопроводности материалов и газов

Материал, газонаполненный объем	Термосопротивление для толщины 0,1 м; (м <sup>2</sup> ·°С/Вт)	Теплопроводность, (Вт/м °С)
Силикатный кирпич	0,115	0,87
Сосна, ель (поперёк волокон)	0,555	0,18
Кирпич пеношамотный, диатомитовый, изоляционный	1,0 -0,71	0,1 - 0,14
Минеральная вата (плита)	2,78	0,036-0,047
<u>Пенополистирол</u>	3,3	0,03 -0,034
Пенополиуретан	3,7	0,027-0,029
Воздух	3,9	0,025- 0,027
газ аргон	5,56	0,018
газ криптон	10,75	0,0093
Вакуумированный воздух (менее 0,1 атм.)	100	0,001 и ниже
Вакуумированный	142	0,0007

газ аргон		
-----------	--	--

Исследование тепловых полей в сечении и по плоскости теплоизолирующей стенки холодильника выявило проявление конвективного теплообмена в пустотах между стенками шкафа [5]. При этом термическое сопротивление стенки холодильного шкафа увеличилось примерно на 8%.

Разрабатываемый способ обеспечит увеличение термического сопротивления теплопередачи между стенками сэндвич-панели и обеспечит снижение тепловых потерь через стеновые проемы до 20%, это даст существенную экономию денежных средств, направляемых на поддержание номинального теплового режима в гражданских и промышленных зданиях и сооружениях, в зимний и летний период года [6]. Метод изготовления энергосберегающей сэндвич-панели реализуется следующим образом: плита из пенополиуретана с ячейками пустот изготавливается аналогично методу изготовления плиты для типовой сэндвич-панели, одновременно между ячейками формируются каналы - воздухопроводы для соединения всех ячеек в единую систему, с торца плиты устанавливается клапан соединенный с системой воздухопроводов. Через этот клапан сэндвич-панель вакуумируется или заполняется инертным газом.

С целью увеличения термического сопротивления через остекленные оконные проемы был апробирован метод вакуумирования межстекольного пространства в стеклопакетах при снижении давления до 0,5 атм. [7]. Используя тепловидение, установлено, что снижение теплопередачи при этом уменьшено на 5...8%.

В разработке описываемой энергосберегающей сэндвич-панели предусмотрено использовать три метода увеличения их теплоизолирующих свойств: Первый метод предполагает использовать глубокое вакуумирование пустот сэндвич-панелей, давление планируется уменьшить до 0,1 атм. При этом предусматривается в пустоты плиты из пенополиуретана помещать легкий, дешёвый наполнитель пустот, который обеспечит снижение конвективного теплообмена между стенками сэндвич-панели. Ожидается увеличение термического сопротивления сэндвич-панели в 3...4 раза. Во втором варианте предполагается пустоты заполнять инертным газом: аргоном и/или криптоном. Инертные газы в составе сэндвич-панели обеспечат увеличение пожарной безопасности таких ограждающих конструкций. В третьем варианте предусмотрено вакуумировать газ аргон, предварительно наполненный в пустоты ячеистой плиты из пенополиуретана и/или из пенопласта с открытыми порами.

Каждый из вариантов планируется оценить по критериям минимальной себестоимости и максимальной эффективности, необходимо также принять решение об использовании вакуума на основе анализа его устойчивости во времени и проникновения через плоскость металла. Следует проанализировать и спрогнозировать устойчивость вакуумированных объемов к сохранению разряжения с течением времени. Предварительными, упрощенными расчетами установлено, что снижение количества теплоты, передаваемой через плоскость сэндвич-панели для новой конструкции (вакуумированный воздух) на 15-25% меньше, чем для типовой конструкции [8].

#### Выводы

1. Установлено, что энергосберегающая сэндвич-панель обладает лучшими теплоизолирующими свойствами в сравнении с типовой сэндвич-панелью.
2. Установлено, что применение вакуумированного инертного газа, например аргона, позволит увеличить термическое сопротивление энергосберегающей сэндвич-панели примерно в 2...3.
3. Целесообразно провести дополнительные исследования в разработке вакуумированных стеновых ограждений на базе конструкций типа «сэндвич-панель».

#### Список литературы / References

1. Овсянников С.Н., Степанова Т.А. Проектирование энергоэффективных зданий // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инвестирование и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики». Томск, 2015. С. 253-256.
2. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов / пер. с нем. А.Е. Ехлакова. М.: АСВ, 2008. 144 с.
3. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, А.А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий. М.: Энергоатомиздат, 1990. 352 с.
4. Патент на изобретение RUS 2451884. Дата регистрации: 22.12.2010. Номер заявки: 2010152639/13 Шкаф бытового холодильника. Авт. Лемешко М.А., Петросов С.П., Кожемяченко А.В. и др.
5. Лемешко М.А., Урунов С.Р., Анисимова О.С., Колесникова А.Н. Использование теплограмм для исследования тепловых процессов подсистем компрессионных холодильников / В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы международной научно-практической конференции. п. Персиановский, ДГАУ, 2015. С. 364-368.

6. Лемешко М.А., Анисимова О.С., Цоколова В.В. Теплопроводность сэндвич-панелей ячеистой структуры / В сборнике: Инновационные пути развития АПК: проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции: в 4-х томах. П. Персиановский, ДГАУ, 2013. С. 62-64.
7. Лемешко М.А., Анисимова О.С., Колесникова А.Н. Совершенствование теплоизолирующих стеклопакетов / В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Материалы международной научно-практической конференции. П. Персиановский, ДГАУ, 2015. С. 348-352.
8. Лемешко М.А., Литвиненко Н.А. Разработка и исследование энергосберегающих сэндвич-панелей. Сборник науч. тр. II Всероссийской (с участием граждан иностранных государств) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная весна – 2017». ИСОи П (Филиал) ДГТУ в г. Шахты. С. 244-248.