

УДК 699.812.2

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ

А. А. Постовой

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты (г. Шахты, Российская Федерация)

Статья посвящена анализу качества сэндвич-панелей, так как от их выбора зависит обеспечение огнестойкости и пожарной безопасности здания. Обоснована актуальность выбранной темы исследования, приведены поставленные для решения задачи, а также изложена методика сбора и анализа полученных данных, на их основе сформированы таблицы и выводы. Определено влияние наполнителей на характеристики стеновых и кровельных сэндвич-панелей, выявлены достоинства, недостатки и область применения их в строительстве, а также приведена информация о классах пожарной опасности. В ходе выполнения исследования были решены следующие задачи: выполнен сравнительный экономический анализ стеновых сэндвич-панелей нескольких производителей, выбран наполнитель для климатических характеристик Великого Новгорода, по результатам выполненной работы сформулированы выводы.

Ключевые слова: сэндвич-панели, огнестойкость, наполнитель, минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан, пенополиизоцианурат.

QUALITY ANALYSIS OF SANDWICH PANELS TO ENSURE FIRE SAFETY OF BUILDINGS

A. A. Postovoy

Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of DSTU in Shakhty (Shakhty, Russian Federation)

The article is devoted to the analysis of sandwich panels, since the provision of fire resistance and fire safety of the building depends on their choice. The relevance of the selected study theme is substantiated, the task is given to solve the problem, as well as the methodology for collecting and analyzing the data obtained, on the basis of which tables and conclusions were formed. The effect of fillers on the characteristics of wall and roofing sandwich panels was determined. The paper provides the advantages, disadvantages and scope of fillers in construction, and also provides information on fire hazard classes. In the course of the study, the following tasks were solved: a comparative economic analysis of wall sandwich panels of several manufacturers was performed, a filler was selected for the climatic characteristics of the Veliky Novgorod, the conclusions were made according to the results of the work performed.

Keywords: sandwich panels, fire resistance, filler, mineral wool, expanded polystyrene, polyurethane foam, polyisocyanurate foam.

Введение. Каждый год разрабатываются новые методы ведения строительства, появляются инновационные технологии и материалы, которые активно совершенствуются и применяются в процессе возведения зданий и сооружений. Одним из распространённых материалов в сфере строительства в Российской Федерации являются сэндвич-панели. Впервые данный строительный материал был использован в нашей стране для постройки здания в 1974 году, отлично зарекомендовал себя на рынке и впоследствии получил широкое распространение в строительстве.

Сэндвич-панели представляют собой строительный материал, состоящий из трех слоев: двух листов стали или жесткого материала и утеплителя между ними. Они получили широкую область применения в строительстве зданий общественного, бытового, промышленного назначения; автомоек и автозаправочных станций; спортивных сооружений; помещений производственного и складского назначения; зданий холодильников и морозильников; при строительстве и реконструкции старых зданий, торговых павильонов, магазинов, жилых домов и построек.

Перспективность использования сэндвич-панелей обусловлена рядом преимуществ, которые вместе с недостатками приведены в таблице 1 [1–3].

Таблица 1

Достоинства и недостатки использования сэндвич-панелей

| Достоинства | Недостатки |
|---|--|
| Экономичность | Самонесущая конструкция стенки |
| Легкость | Хрупкость наружных слоев |
| Хорошие изоляционные свойства | Требования к строгому соблюдению монтажной технологии |
| Скорость установки модулей | Необходимо учитывать нагрузку на стеновые панели при внутренней отделке комнаты |
| Влагостойкость | Невозможность возведения объектов с количеством этажей больше двух |
| Огнестойкость | Сложность возведения |
| Сопrotивляемость гниению и другим биологическим воздействиям | Внутри каркасных объектов необходимо устанавливать обязательно систему принудительной вентиляции |
| Прочность | Высокая вероятность косметического повреждения |
| Небольшая толщина | Сквозняк холодного воздуха через щели в местах соединения |
| Отсутствие необходимости декоративной отделки | Деструкция или «усыхание» плит материала |
| Простота ухода | – |
| Нет необходимости в дополнительном утеплении зданий | – |
| При монтаже нет необходимости использования особой строительной техники | – |
| Возможность возведения в любое время года | – |
| Экологичность | – |
| Лёгкость транспортировки | – |
| Высокая звукоизоляция | – |
| Низкая нагрузка на фундамент постройки | – |

Очень важно при строительстве обеспечить пожарную безопасность зданий. Сэндвич-панели отлично себя зарекомендовали как огнестойкий материал. Однако к выбору подобного материала необходимо относиться ответственно, так как различные виды панелей имеют разную степень огнестойкости и класс пожароопасности. Данные характеристики свидетельствуют о

времени, в процессе которого панели способны сохранять целостную структуру и теплоизолирующие свойства под влиянием высокой температуры [3].

В связи с вышеизложенным можно сделать вывод, что правильный выбор сэндвич-панелей для конкретных условий является актуальной и востребованной задачей.

В рамках указанной проблемы автором проведено исследование, задачами которого являлись анализ сэндвич-панелей для обеспечения пожарной безопасности зданий и эффективный выбор панелей по оптимальным параметрам для климатических характеристик Великого Новгорода.

На первом этапе исследования автором были поставлена задача определения влияние наполнителя на огнестойкость, противопожарные характеристики сэндвич-панелей и сопротивление теплопередаче.

Методика исследования. В процессе первого этапа был выполнен сбор и анализ информации по научным статьям, сайтам профильных организаций и нормативной документации. Ввиду значительного объема использованных источников в списке литературы приведены лишь основные из них.

Далее на основе анализа собранной информации были выделены пожарные характеристики стеновых и кровельных сэндвич-панелей, которые были сведены в таблицы 2 и 3 соответственно. В таблице 2 указан тип утеплителя, его толщина, а также приведены характеристики показателей.

Таблица 2

Сравнительные пожарные характеристики стеновых сэндвич-панелей

| Тип | Толщина, мм | | | | | | | | | Показатель |
|-----------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---|
| | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 | 250 | 300 | |
| Минеральная вата (МВ) | 1,2 | 1,3 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,3 | 4,3 | 5,3 | 6,32 | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | 30 | | 60 | 120 | 150 | | 180 | | | Предел огнестойкости, EI |
| | НГ | | | | | | | | | Горючесть |
| | - | | | | | | | | | Воспламеняемость |
| | - | | | | | | | | | Дымообразующая способность |
| | - | | | | | | | | | Токсичность продуктов горения |
| Пенополистирол (ППС) | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,9 | 5,3 | 6,4 | 7,69 | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | 15 | | | | | | | | | Предел огнестойкости, EI |
| | Г3 | | | | | | | | | Горючесть |
| | В3 | | | | | | | | | Воспламеняемость |
| | Д3 | | | | | | | | | Дымообразующая способность |
| | Т3, Т4 | | | | | | | | | Токсичность продуктов горения |
| Пенополиуретан (PUR) | 2,4 | 2,9 | 3,8 | 4,8 | 5,7 | 7,1 | 9,5 | - | - | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | 15 | | | | | | | | | Предел огнестойкости, EI |
| | Г2 | | | | | | | | | Горючесть |

| | | Толщина, мм | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-------------------------------|---|
| | | В3 | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | | Д3 | | | | | | | | Дымообразующая способность | |
| | | Т3, Т4 | | | | | | | | Токсичность продуктов горения | |
| Пенополиизоцианурат (PIR) | | 2,4 | 2,9 | 3,8 | 4,8 | 5,7 | 7,1 | 9,5 | - | - | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | | 15 | 30 | 60 | | | 90 | - | - | Предел огнестойкости, EI | |
| | | Г1 | | | | | | | | Горючесть | |
| | | В2, В3 | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | | Д2, Д3 | | | | | | | | Дымообразующая способность | |
| | | Т2-Т4 | | | | | | | | Токсичность продуктов горения | |

Таблица 3

Сравнительные пожарные характеристики кровельных сэндвич-панелей

| | | Толщина, мм | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|---|
| Тип | | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 | 250 | 300 | Показатель |
| Минеральная вата (МВ) | | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,2 | 4,2 | 5,2 | 6,2 | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | | 15 | 30 | 45 | | | 60 | | | Предел огнестойкости, EI | |
| | | НГ | | | | | | | | Горючесть | |
| | | - | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | | - | | | | | | | | Дымообразующая способность | |
| | | - | | | | | | | | Токсичность продуктов горения | |
| Пенополистирол (ППС) | | 1,2 | 1,5 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,9 | 5,3 | 6,4 | 7,7 | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | | 15 | | | | | | | | Предел огнестойкости, EI | |
| | | Г3 | | | | | | | | Горючесть | |
| | | В3 | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | | Д3 | | | | | | | | Дымообразующая способность | |
| | | Т3, Т4 | | | | | | | | Токсичность продуктов горения | |
| Пенополиуретан (PUR) | | - | 2,7 | 3,8 | 4,8 | 5,7 | 7,1 | - | - | - | Сопротивление теплопередаче, R ₀ |
| | | 15 | | | | | | | | Предел огнестойкости, EI | |
| | | Г2 | | | | | | | | Горючесть | |
| | | В3 | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | | Д3 | | | | | | | | Дымообразующая | |

| | | Толщина, мм | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|-------------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|-------------------------------|
| | | | | | | | | | | | способность |
| | | Т3, Т4 | | | | | | | | | Токсичность продуктов горения |
| Пенополиизоцианурат (PIR) | 3,2 | 3,6 | 4,2 | 5,3 | 6,3 | 7,2 | – | – | – | Сопротивление теплопередаче, R _o | |
| | 15 | | 30 | | 45 | | | – | – | – | Предел огнестойкости, EI |
| | Г1 | | | | | | | | | Горючесть | |
| | В2, В3 | | | | | | | | | Воспламеняемость | |
| | Д2, Д3 | | | | | | | | | Дымообразующая способность | |
| | Т2-Т4 | | | | | | | | | Токсичность продуктов горения | |

Результаты исследования. Наполнитель 1 — минеральная вата — является негорючим материалом, который возможно использовать как преграду на пути распространения огня. Она не подвергается расплавлению при высоких температурах и обеспечивает огнестойкость кровельных панелей. В связи с этим ее применение в качестве утеплителя является разумным решением.

Наполнитель 2 — пенополистирол — является легковоспламеняющимся материалом. Процесс плавления начинается при температуре 310°C. При горении происходит активное плавление и выделение тепла, а также сильное выделение токсичного дыма.

Наполнитель 3 — пенополиуретан — является огнестойким материалом, плавление которого осуществляется только в зонах открытого воздействия огня. После ликвидации источника огня горение прекращается.

Наполнитель 4 — пенополиизоцианурат — отлично себя зарекомендовал в строительстве как огнестойкий материал, способный выдерживать повышенные температуры.

Следует отметить, что существует четыре класса пожарной опасности сэндвич-панелей:

1. К0 — материалы не являются пожароопасными, не подвергаются горению, повреждения панелей от огня являются нулевыми. К данному классу относится минеральная вата.

2. К1 — материалы являются малоопасными, степень повреждения панелей огнем минимальна. К данному классу относится пенополиизоцианурат.

3. К2 — материалы имеют минимальный уровень опасности. К данному классу относится пенополиизоцианурат, в отдельных случаях, пенополистирол и пенополиуретан.

4. К3 — материалы являются пожароопасными. К данному классу относится пенополистирол и пенополиуретан.

Далее был выполнен сравнительный экономический анализ стеновых сэндвич-панелей нескольких производителей. Полученные результаты были сведены в таблицу 4, в которой представлены источники представленных данных, а также тип утеплителя, вес и цена сэндвич-панелей, в зависимости от толщины.

Сравнительные экономические характеристики стеновых сэндвич-панелей

| Тип | Толщина, мм | Источник [4] | | Источник [5] | | Источник [6] | | Источник [7] | |
|---------------------------|-------------|----------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| | | Вес, кг/м.куб. | Цена, руб | Вес, кг/м.кв. | Цена, руб | Вес, кг/м.кв. | Цена, руб | Вес, кг/м.кв. | Цена, руб |
| Минеральная вата (МВ) | 50 | 13,1 | 1170 | – | – | – | – | – | 1757 |
| | 60 | – | – | 14,6 | 1452 | – | – | | 1951 |
| | 80 | 16,4 | 1280 | 16,8 | 1540 | 17 | 1628 | | 1939 |
| | 100 | 18,6 | 1360 | 19 | 1608 | 19 | 1689 | | 2032 |
| | 120 | 20,8 | 1410 | 21,2 | 1693 | 21 | 1775 | | 2183 |
| | 150 | 24,1 | 1510 | 27,8 | 1816 | 24 | 1903 | | 2333 |
| | 200 | 30,6 | 1710 | 30 | 2027 | 29 | 2118 | | 2574 |
| | 250 | 37,3 | 1960 | 35,5 | 2246 | 34 | 2332 | | – |
| | 300 | 43,1 | 2190 | – | – | – | – | | – |
| Пенополистирол (ППС) | 50 | 13,1 | 1100 | – | 1273 | – | – | – | 1663 |
| | 60 | – | – | | 1290 | 9,9 | 1385 | | 1680 |
| | 80 | 16,4 | 1170 | | 1344 | 10,2 | 1426 | | 1712 |
| | 100 | 18,6 | 1210 | | 1393 | 10,5 | 1467 | | 1745 |
| | 120 | 20,8 | 1250 | | 1440 | 10,8 | 1508 | | 1778 |
| | 150 | 24,1 | 1320 | | 1509 | 11,3 | 1570 | | 1828 |
| | 200 | 30,6 | 1470 | | 1630 | 12 | 1672 | | 1920 |
| | 250 | 37,3 | 1660 | | 1749 | 12,8 | 1775 | | 1992 |
| | 300 | 43,1 | 1820 | | 1889 | – | – | | – |
| Пенополиуретан (PUR) | 50 | 13,1 | 1355 | 8,9 | – | – | – | 2208 | |
| | 60 | – | – | 9,7 | | | | 2304 | |
| | 80 | 16,4 | 1616 | 10,4 | | | | 2502 | |
| | 100 | 18,6 | 1748 | 11,2 | | | | 2706 | |
| | 120 | 20,8 | 1940 | 11,9 | | | | 2903 | |
| | 150 | 24,1 | 2188 | 13,1 | | | | 3243 | |
| | 200 | 30,6 | 2652 | 15 | | | | 3855 | |
| | 250 | – | – | 17,2 | | | | – | |
| | 300 | – | – | – | | | | – | |
| Пенополиизоцианурат (PIR) | 50 | 13,1 | 1361 | 10 | – | – | – | 2208 | |
| | 60 | – | – | 10,7 | | | | 2304 | |
| | 80 | 16,4 | 1600 | 11,6 | | | | 2502 | |
| | 100 | 18,6 | 1757 | 12,4 | | | | 2706 | |
| | 120 | 20,8 | 1923 | 13,2 | | | | 2903 | |
| | 150 | 24,1 | 2200 | 14,5 | | | | 3243 | |
| | 200 | 30,6 | 2664 | 16,6 | | | | 3855 | |
| | 250 | – | – | 18,5 | | | | – | |
| | 300 | – | – | – | | | | – | |

На основе полученных результатов было решено, что наиболее подходящий наполнитель сэндвич-панелей для климатических характеристик Великого Новгорода является минеральная вата, так как данный наполнитель является негорючим, не подвергается расплавлению при

высоких температурах и обеспечивает огнестойкость кровельных панелей. Также минеральная вата является недорогим наполнителем и распространена на строительном рынке.

Заключение. По результатам выполненной работы были сделаны следующие выводы:

1. Сэндвич-панели активно используются в строительстве, обеспечивая не только оптимальные параметры теплопроводности, но и высокие показатели огнестойкости и пожарной безопасности.

2. Наиболее подходящим по огнестойкости материалом является минеральная вата.

3. Каждый наполнитель сэндвич-панелей имеет свои уникальные свойства, поэтому необходимо ответственно относиться к выбору материала.

4. Использование сэндвич-панелей в качестве защиты зданий от пожаров имеет перспективное будущее.

Сэндвич-панели отлично себя зарекомендовали как в процессе возведения зданий, так и при эксплуатации, обеспечивая не только высокие показатели пожарной безопасности, но и скорость строительства, хорошие изоляционные свойства, прочность и экономичность.

Библиографический список

1. Кодзоев, М.-Б. Х. Сэндвич-панель. Материалы и конструкции / М.-Б. Х. Кодзоев, С. Л. Исаченко // Cyberleninka: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sendvich-panel-materialy-i-konstruksii> (дата обращения: 02.10.2021).

2. Голушкова, О. В. Сэндвич-панели как альтернатива классическим строительным материалам и оценка их конкурентоспособности. / О. В. Голушкова, С. Л. Комарова, Д. Д. Янович // Cyberleninka: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sendvich-paneli-kak-alternativa-klassicheskim-stroitelnyim-materialam-i-otsenka-ih-konkurentosposobnosti> (дата обращения: 02.10.2021).

3. Lepeshkin I. Sandwich foamed aluminum panels. Prospects of application / I. Lepeshkin // Cyberleninka: [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sandwich-foamed-aluminum-panels-prospects-of-application> (дата обращения: 02.10.2021).

4. Стеновые сэндвич-панели с утеплителем из минеральной ваты / Sp-sever: [сайт]. — URL: https://velikiy-novgorod.sp-sever.ru/panels/spanel_mineral_wool (дата обращения: 13.04.2021).

5. Сэндвич-панели с минеральной ватой / Rostov.ts-panel: [сайт]. — URL: <https://rostov.ts-panel.ru/production/sendvich-paneli/> (дата обращения: 13.04.2021).

6. Производство сэндвич панелей / СП ПРОМ: [сайт]. — URL: <https://sankt-peterburg.sp-prom.ru> (дата обращения: 13.04.2021).

7. Трехслойные сэндвич-панели / СТАЛЬ ТД: [сайт]. — URL: <https://goo.su/56z6> (дата обращения: 13.04.2021).

Об авторе:

Постовой Александр Александрович, студент кафедры «Строительство и техносферная безопасность» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ДГТУ в г. Шахты (346506, РФ, г. Шахты, ул. Шевченко, 147), aleksandr.postovoy01@mail.ru

About the Author:

Postovoy, Aleksandr A., Student, Department of Construction and Technosphere Security, Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University in Shakhty (147, Shevchenko str., Shakhty, RF, 346506), aleksandr.postovoy01@mail.ru