

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 338

О. В. Голушкова, С. Л. Комарова, Д. Д. Янович

СЭНДВИЧ-ПАНЕЛИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА КЛАССИЧЕСКИМ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ И ОЦЕНКА ИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

UDC 338

O. V. Golushkova, S. L. Komarova, D. D. Yanovich

SANDWICH PANELS AS AN ALTERNATIVE TO TRADITIONAL CONSTRUCTION MATERIALS AND THEIR COMPETITIVENESS ESTIMATION

Аннотация

Заинтересованность предприятий в результатах своей деятельности усиливает необходимость повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Предложена методика оценки основных строительных материалов методом многокритериальной оптимизации с помощью функции принадлежности, а также выделены группы показателей, по которым можно оценить и охарактеризовать строительные материалы различного состава.

Ключевые слова:

конкурентоспособность, сэндвич-панели, пеноблок, кирпич, цена, многокритериальная оценка.

Abstract

The interest of companies in their performance increases the need to improve the competitiveness of products, they manufacture. The technique of estimating basic construction materials by the method of multi-criteria optimization using the membership function is offered; and the groups of indices are presented to estimate and to characterize construction materials of different composition.

Key words:

competitiveness, sandwich panels, foam concrete block, brick, price, multi-criteria evaluation.

В современных условиях потребителю достаточно сложно сделать выбор материала, из которого будет выполнена конструкция. Чаще всего застройщик обращается к классическим материалам, таким как кирпич, силикатные блоки, пеноблок. Воспринимая эти материалы как самые прочные, надежные, долговечные и доступные, он забывает при этом, что создание конструкций из дан-

ных материалов требует серьезных финансовых вложений на начальном этапе (проектные, расчетные, а также подготовительные строительные работы). При возведении строений из классических материалов возникают дополнительные траты на фундамент, связующие материалы, на теплоизоляционные и кровельные работы.

Классические материалы и здания

требуют достаточно широкого спектра квалифицированных специалистов (каменщики, кровельщики, монтажники, крановщики, плотники и т. д.).

В качестве современного материала стоит обратить внимание на сэндвич-панели, которые появились на рынке совсем недавно, но уже успели себя зарекомендовать как надежный строительный материал.

Сфера использования сэндвич-панелей достаточно обширна: быстровозводимые промышленные здания, торговые комплексы, складские помещения, торговые павильоны, а также жилые дома, детские сады, больницы, что обусловлено привлекательным внешним видом материала, экологичностью и небольшой стоимостью. Также сэндвич-панели применяются для возведения предприятий пищевой промышленности при условии эксплуатации в нормальном и влажном режимах, неагрессивных или слабоагрессивных средах от минус 60 до плюс 75 °С. В современном мире огромным спросом пользуются холодильные камеры. Сэндвич-панели как строительный материал для холодильных камер наиболее оптимальны: они обеспечат наилучшую теплоизоляцию и позволят выполнить монтаж камер качественно и быстро.

Монтаж зданий, облицованных сэндвич-панелями, осуществляется в короткие сроки. При небольшом весе, по сравнению с традиционными строительными материалами, стены из сэндвич-панелей имеют меньший размер и большую теплоизоляцию.

Сэндвич-панели рекомендуется использовать в местах, где невозможно или нежелательно применять традиционные материалы: при меньшем весе и толщине сэндвич-панели обеспечат необходимые эксплуатационные характеристики. При этом современная конструкция материала гарантирует звукоизоляционные свойства, что делает его незаменимым для строительства развлекательных и спортивных зданий. Время

монтажа панелей значительно сокращается благодаря использованию саморезов. Многообразие цветовых решений и четыре вида облицовки (гладкая, волнистая, трапециевидная, накатка) позволяют реализовать любое архитектурное желание.

Сэндвич-панели – это крупноразмерные конструкции в виде трёхслойных элементов, в которых находится теплоизоляционный слой, выполненный из современных, высокоэффективных теплоизоляционных материалов: минеральной ваты на основе базальтового волокна или пенополистирола самозатухающих марок.

Сэндвич-панели представляют собой высокотехнологичный материал с превосходными эксплуатационными и декоративными характеристиками, который может использоваться как для реконструкции зданий, так и для их строительства. Сэндвич-панели поэлементной сборки состоят из таких элементов, как сэндвич-профиль из стали 0,7...1 мм, утеплитель (минеральная вата, стекловолокно), гидро- и ветрозащитные пленки и наружная облицовка; трехслойные клееные – из сердечника на основе минеральной ваты или пенополиизоцианурата и сопряженных с ним стальных облицовок. Для защиты облицовок от коррозии используются современные полимерные покрытия, представленные в широком ассортименте цветов. В зависимости от назначения сэндвич-панели могут применяться для устройства стен и кровель.

Сэндвич-панели обладают отличными теплоизоляционными характеристиками, значительно более высокими, чем у традиционных строительных материалов. Применение сэндвич-панелей в качестве ограждающих конструкций позволяет получить хорошую теплоизоляцию. При этом, по сравнению с использованием альтернативных материалов, толщина стен будет в разы меньше.

При возведении объектов, в которых существует необходимость пони-

зять уровень шума (развлекательных, спортивных учреждений), в сэндвич-панелях могут применяться специальные перфорированные облицовки, позволяющие добиться отличной звукоизоляции.

Отсутствие появления конденсата дает возможность вести строительство с использованием сэндвич-панелей в любое время года.

Качество материалов позволит сохранить привлекательный внешний вид

на протяжении долгих лет благодаря специальным полимерным покрытиям, применяемым для защиты облицовок от внешних и внутренних воздействий.

Продукция отвечает строгим требованиям безопасности и экологии. Дома из сэндвич-панелей по заключениям ведущих европейских экспертов считаются экологически чистым жильем.

Для сравнения по теплопроводности наполнителей сэндвич-панелей составлена табл. 1.

Табл. 1. Коэффициент теплопроводности применяемых теплоизоляционных материалов

Название наполнителя	Значение коэффициента теплопроводности
Пенополиуретан	0,019...0,025
Пенобетон	0,056...0,098
Минвата	0,04...0,045
Пенополистирол	0,03...0,037

На рынке строительных материалов предложен достаточно широкий спектр сэндвич-панелей, обладающих различными характеристиками, которые

напрямую связаны с видом утеплителя. И каждый вид утеплителя дает разные характеристики и свойства, которые представлены в табл. 2.

Табл. 2. Сравнение теплоизоляционных материалов

Утеплитель	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Водопоглощение, % от объема	Прочность при сжатии, МПа	Срок эксплуатации
Пенополиуретан	40...160	0,019...0,025	1,2...2,1	0,15...1	30
Минеральная вата	55...150	0,052...0,058	0	0	5
Пробковая плита	220...240	0,050...0,060	0	0	3
Пенобетон	250...400	0,145...0,160	0	0	10

Самое трудное – убедить застройщика выбрать новый полимерный материал, но и эта задача может быть решаемой, т. к. любой предприниматель хочет сэкономить деньги и быстро получить готовый объект при минимальных вложениях. Приведем в табл. 3 характеристики классических строительных материалов, таких как кирпич силикатный и строительный блок из керамзитобетона, которые на сегодняшний день являются лидерами продаж на

рынке основных строительных материалов.

Изучая табл. 2 и 3, даже специалисту трудно определиться с выбором основного строительного материала. Необходим подход, который позволит сделать выбор в пользу какого-то из материалов. Одним из подходов при определении наиболее эффективного строительного материала может служить оценка его конкурентоспособности.

Табл. 3. Сравнительная характеристика классических строительных материалов

Показатель	Единица измерения	Кирпич строительный силикатный	Строительный блок из керамзитобетона
Плотность	кг/м ³	1700...1950	900...1200
Теплопроводность	Вт/(м ² ·К)	0,85...1,15	0,5...0,7
Срок эксплуатации	лет	120	120
Водопоглощение	% от объема	16	18
Предел прочности при сжатии	МПа	5...30	3,5...7,5

Конкурентоспособность товара раскрывается через систему его показателей. Они представляют собой совокупность критериев количественной оценки уровня конкурентоспособности. Для потребителя наиболее значимыми являются экономические критерии (цена, цена эксплуатации). Но немалое значение имеют качественные характеристики товара.

Проведем анализ конкурентоспособности основных строительных материалов и сэндвич-панелей. Необходимо выявление преимуществ любого строительного материала и создание фактической базы для определения технико-экономической эффективности их использования.

Известны методы оценки конкурентоспособности: интегральный, параметрический, сопоставления адаптивности и инновационности, метод расчета единичных и групповых показателей, расчет уровня конкурентоспособности, рейтинговая оценка и др. [2].

Наиболее обоснованным по формализации является метод многокритериального ранжирования, суть которого заключается в использовании функции принадлежности. Эта функция определена в интервале 0...1 и применяется в качестве безразмерной шкалы для оценки уровня параметров сравниваемых объектов. Каждому фактическому значению функции придается конкретный экономический смысл, связанный с уровнем конкурентоспособности исследуемого способа. Значение функции

принадлежности, равное 0, соответствует неприемлемому уровню параметра; значение функции принадлежности, равное 1, – полностью приемлемому. Наивысшее значение имеет тот материал, у которого наибольший суммарный результат по всем однонаправленным показателям. После этого в соответствии с разработанным интервалом от 0 до 1 определяется уровень конкурентоспособности строительного материала.

Для сравнения конкурентоспособности исследуемых материалов необходимо найти положение на шкале от 0 до 1, которое займет каждый материал. Чем выше значение агрегирующей функции и чем ближе оно к 1, тем выше конкурентоспособность строительного материала по показателям, характеризующим качественные свойства.

Значение агрегирующей функции – среднее геометрическое значение агрегирующих функций принадлежности по различным группам параметров.

Согласно существующим методикам агрегирующая функция определяется по каждой из групп показателей и является средней геометрической значений аппроксимирующих функций, на основании которой выводится агрегирующая функция принадлежности [4].

В качестве исследуемых показателей, которые достаточно полно оценивают и характеризуют строительные материалы, выделены следующие группы:

– *технологические характеристики строительных материалов*, к которым относятся: плотность, теплопро-

водность, срок эксплуатации, водопоглощение, предел прочности при сжатии;

– *экономические характеристики строительных материалов* – стоимость 10 м² стены из каждого строительного материала с учетом затрат на связующие материалы и подготовительные работы.

Каждый из показателей необходимо оценить с точки зрения функции принадлежности, т. е. найти максимальное и минимальное значения данного показателя и сопоставить их со шкалой, которая приведена ниже. Далее нужно рассчитать коэффициенты аппроксимирующих функций, найти значение функции в точках, соответствующих значениям показателей, агрегирующие функции по группам показателей и лишь затем определить агрегирующую функцию принадлежности.

Используемый прием решения многокритериальной задачи ранжирования строительных материалов разного состава разбит на следующие этапы.

Этап 1. Задается функция принадлежности μ_i^j , значение которой характеризует степень удовлетворения потребности строительного материала в i -й характеристике j -м показателе. Причем если функция равна 0, то значение i -й характеристики неудовлетворительно, а если 1, то потребность в i -й характеристике удовлетворена полностью. Любой исследуемый параметр может быть включен в функцию принадлежности и должны быть заданы максимальные и минимальные его значения.

В качестве примера рассмотрим показатель, оценивающий технологические характеристики строительных материалов, а именно его теплопроводность.

Для строительных отделочных материалов за минимальное значение теплопроводности возьмем 0 Вт/(м²·К) (при таком значении функция принадлежности равна 0) и 1,15 Вт/(м²·К) – для 1.

Этап 2. Определяются значения выбранных показателей характеризующих строительных материалов, соответствующие узловым значениям функции принадлежности, что способствует использованию данной функции для оценки параметров различной размерности и порядка.

Для нашего показателя значения функции будут следующими: 0–0; 0,2–0,23; 0,37–0,425; 0,63–0,724; 0,8–0,92; 1–1,15.

Этап 3. На основе полученных значений рассчитываются коэффициенты аппроксимирующих функций для каждого показателя путем построения степенной функции 3-го порядка вида

$$y = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d .$$

С помощью встроенных в Excel (пакет решений) опций подбираются значения коэффициентов a, b, c, d для данного показателя и одновременно строится график функции, наиболее приближенный к графику шкалы. Затем определяются значения функции для конкретных показателей (рис. 1).

Для показателя теплопроводности функция преобразуется в вид

$$Y = -0,000083038x^3 - 0,000148208x^2 - 0,869498x + 0,000004497.$$

Этап 4. Подставляются в полученные аппроксимирующие функции значения показателей и находятся значения функции принадлежности.

Для значения теплопроводности 1,15 Вт/(м·К) (соответствует силикатному кирпичу) функция принимает значение, равное 0,9999; для блоков из керамзитобетона значение теплопроводности составляет 0,7 Вт/(м·К), а значение функции 0,6087; для сэндвич-панелей значение теплопроводности 0,16 Вт/(м·К), а значение функции 0,1391.

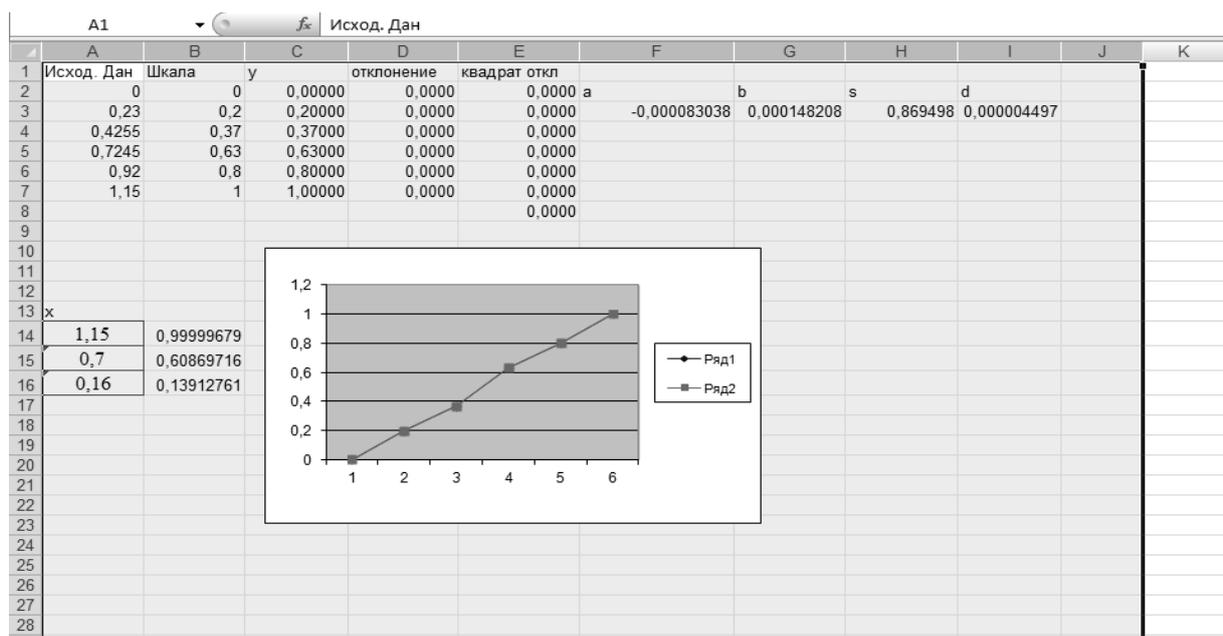


Рис. 1. Значение функции

Этап 5. Характеристики разбиваются на группы. Для каждой из групп находят агрегирующие функции $\mu_{\text{п}}^j$ и $\mu_{\text{эк}}^j$, которые предполагается рассчитывать как среднее геометрическое значений функции принадлежности по отдельным признакам, т. е.

$$\mu_{\text{эк}}^j = \sqrt[S_{\text{эк}}]{\mu_{1\text{эк}}^j \cdot \dots \cdot \mu_{S_{\text{эк}}}^j};$$

$$\mu_{\text{п}}^j = \sqrt[S_{\text{п}}]{\mu_{1\text{п}}^j \cdot \dots \cdot \mu_{S_{\text{п}}}^j},$$

где $S_{\text{эк}}$ и $S_{\text{п}}$ – количество показателей в группе.

Этап 6. Рассчитывается показатель конкурентоспособности строительных материалов как произведение агрегирующих функций. Более конкурентоспособным является материал, имеющий наибольший результат.

Произведем расчет уровня конкурентоспособности строительных материалов предлагаемым методом.

Исходные данные приведены в табл. 4.

Табл. 4. Значение показателей для отделочных строительных материалов

Показатель	Кирпич строительный силикатный	Строительный блок керамзитобетон	Сэндвич-панели
<i>Технологические параметры</i>			
Плотность, кг/м ³	1700...1950	900...1200	40...400
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,85...1,15	0,5...0,7	0,019...0,16
Срок эксплуатации, лет	120	120	50
Водопоглощение, % от объема	16	18	0...2,1
Предел прочности при сжатии, МПа	5...30	3,5...7,5	0...1
<i>Экономические параметры</i>			
Стоимость 10 м ² стены, белорус. р.	27 238 180	23 156 000	5 340 000

Выявим уровень конкурентоспособности трех строительных материалов, воспользовавшись вышеприведенным методом. Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности, и коэффициенты аппроксимирующих функций для анализируемых показателей сведены в табл. 5.

В табл. 6 приведены значения функции принадлежности по каждому показателю, характеризующему определенный строительный материал, а также найдены значения агрегирующих функций по группам показателей и составлена агрегирующая функция принадлежности для различных строительных материалов.

Табл. 5. Значения параметров, соответствующие узловым точкам функции принадлежности, и коэффициенты аппроксимирующих функций

Показатель	Значение показателя μ						Коэффициент аппроксимирующих функций			
	0,00	0,2	0,37	0,63	0,8	1	a	b	c	d
Плотность, кг/м ³	400	720	992	1408	1680	2000	0,000000000	0,000000021	0,00000000022	0,0000000000023
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0	0,23	0,425	0,724	0,92	1,15	-0,000083038	0,000148208	0,869498	0,000004497
Срок эксплуатации, лет	50	64	75,9	94,1	106	120	-0,000000730	0,000196658	-0,004887	-0,093137650
Водопоглощение, % от объема	18	14,8	12,08	7,92	5,2	2	-0,000027902	0,000835247	-0,069417	1,13860348
Предел прочности при сжатии, МПа	1	6	11,1	18,9	24	30	-0,000006774	0,000231905	0,032869	-0,01975982
Стоимость 10 м ² стены, млн белорус. р.	30	24	18,9	11,1	6	0	-0,000004226	0,000171837	-0,034780	0,998708772

Табл. 6. Значения функции для каждого показателя и агрегирующей функции принадлежности строительных материалов

Показатель	Кирпич строительный силикатный		Строительный блок керамзитобетон		Сэндвич-панели	
	x	μ	x	μ	x	μ
1 Технологические характеристики						
1.1 Плотность, кг/м ³	1950	0,988	1200	0,263	400	0,012
1.2 Теплопроводность, Вт/(м·К)	1,15	0,999	0,7	0,609	0,16	0,139
1.3 Срок эксплуатации, лет	120	0,819	120	0,891	50	0,063
1.4 Водопоглощение, % от объема	16	0,127	18	0,003	2,1	0,996
1.5 Предел прочности при сжатии, МПа	30	0,992	7,5	0,237	1	0,013
2 Экономические характеристики						
2.1 Стоимость 10 м ² стены, млн белорус. р.	27,2	0,095	23,2	0,232	5,3	0,819
Агрегирующая функция технологических показателей		0,298		0,159		0,106
Агрегирующая функция экономических показателей		0,095		0,232		0,819
Агрегирующая функция принадлежности		0,168		0,192		0,295

Если потребитель будет осуществлять выбор материала, ориентируясь только на технические характеристики, то было бы логично остановить свой выбор

на таком материале, как строительный кирпич, т. к. значение агрегирующей функции по техническим параметрам имеет для него наиболее высокое значе-

ние – 0,298, а агрегирующая функция по техническим параметрам для блоков 0,159 и сэндвич-панелей 0,106 – очень близкие значения, однако ниже.

В качестве основных параметров выделяют не только технические характеристики, но и экономические показатели, в частности, стоимость 10 м² стены из каждого материала соответственно. Поэтому нужно оценить результаты агрегирующей функции по экономическим параметрам. Здесь преобладают сэндвич-панели, значение агрегирующей функции для которых – 0,819.

В связи с вышесказанным необходимо свести агрегирующую функцию по техническим и экономическим показателям к единому агрегирующему значению, чтобы окончательно убедиться в превосходстве какого-либо из строительных материалов, и расчеты доказывают, что лидером среди данных конкурирующих материалов являются сэндвич-панели (0,295).

В результате исследований можно

утверждать, что сэндвич-панели – серьезный и конкурентный товар на рынке строительных материалов.

В расчетах не учитывали много сложных и затратных этапов в строительстве из кирпича силикатного и строительного блока, связанных с подготовкой и сооружением зданий из них, рытьем котлованов, возведением фундаментов, использованием дорогой техники и высококвалифицированных специалистов. Если учитывать в смету затраты на эти операции и монтажные работы, то агрегирующая функция по экономическим показателям может еще больше увеличиться и измениться в пользу сэндвич-панелей.

Не все сооружения должны и могут служить долго, есть ряд строений, которые должны быть построены быстро и недорого. В таких случаях на первое место выходят такие строительные материалы, как сэндвич-панели – конкурентный строительный материал на современном рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СТБ 1806-2007.** Панели металлические трехслойные стеновые с утеплителем из пенополистирола. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2008. – 273 с.
2. **Асаул, А. Н.** Реконструкция и реставрация объектов недвижимости : учебник / А. Н. Асаул, Ю. Н. Казаков, В. И. Ипанов. – СПб. : Гуманистика, 2005. – 288 с.
3. **Гриневич, М. Н.** Многокритериальная оценка конкурентоспособности предприятия / М. Н. Гриневич, Н. В. Зеленковская // Проблемы экономики и организации производственных и социальных систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск : Университетское, 2001. – С. 221–227.
4. **Гриневич, М. Н.** Производственная стоимость и конкурентоспособность предприятия : монография / М. Н. Гриневич, В. А. Устинович, Н. В. Зеленковская. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2004. – 208 с.
5. **Лапин, Г. Н.** Оценка конкурентоспособности строительных организаций / Г. Н. Лапин // Экономика строительства. – 2000. – № 7. – С. 31–34.
6. **Родионова, Л. Н.** Оценка конкурентоспособности продукции / Л. Н. Родионова, О. Г. Кантор, Ю. Р. Хакимова // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – № 1. – С. 65–77.

Статья сдана в редакцию 22 апреля 2015 года

Ольга Васильевна Голушкова, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-22-57-26.

Светлана Леонидовна Комарова, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-293-33-44-51.

Дарья Дмитриевна Янович, студент, Белорусско-Российский университет.

Olga Vasilyevna Golushkova, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Phone: +375-222-22-57-26.

Svetlana Leonidovna Komarova, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: +375-293-33-44-51.

Darya Dmitriyevna Yanovich, student, Belarusian-Russian University.