

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 69.036.2; 691.316  
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-5-11

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

*А. В. Исанова, Е. Д. Кретова, Д. А. Драпалюк, Н. А. Драпалюк*

**Исанова Анна Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7 (906) 677-97-73; e-mail: a.isanova@bk.ru;

**Кретова Екатерина Дмитриевна**, магистрант, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7 (980) 341-66-49; e-mail: shiroi.kretova@yandex.ru;

**Драпалюк Дмитрий Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7 (950) 750-38-13; e-mail: drapaluyk@yandex.ru;

**Драпалюк Наталья Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация, тел.: +7 (903) 858-25-60; e-mail: u00076@vgasu.vrn.ru

В статье рассмотрены два варианта снижения теплопотерь зданий, а именно: использование методов архитектурно-планировочной организации пространства и применение современной аэрогелевой теплоизоляции. Подобные пассивные в ежедневном использовании и обслуживании решения способствуют снижению расхода энергетических ресурсов на обеспечение требуемых характеристик микроклимата. В работе приведено сравнение теплопотерь здания заданного строительного объема, имеющего в первом случае несколько вариантов объемно-планировочного решения, а во втором – разные типы ограждающих конструкций. На основе анализа были описаны индивидуальные особенности применения обоих случаев. В заключении работы были сделаны выводы о преимуществах и недостатках предлагаемых вариантов снижения топливно-энергетических расходов систем микроклимата и их влияние на повышение энергетической эффективности зданий.

**Ключевые слова:** архитектурно-планировочное решение, аэрогелевая теплоизоляция, энергосбережение, теплоэффективность, теплопотери, теплоизоляция.

## ANALYSIS OF THE USE OF MODERN THERMAL INSULATION BASED ON AEROGEL IN THE DESIGN ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS

*A. V. Isanova, Ye. D. Kretova, D. A. Drapalyuk, N. A. Drapalyuk*

**Isanova Anna Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (906) 677-97-73; e-mail: a.isanova@bk.ru;

**Kretova Yekaterina Dmitriyevna**, graduate student, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (980) 341-66-49; e-mail: shiroi.kretova@yandex.ru;

**Drapalyuk Dmitriy Aleksandrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (950) 750-38-13; e-mail: drapaluyk@yandex.ru;

**Drapalyuk Natalya Aleksandrovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, phone: +7 (903) 858-25-60; e-mail: u00076@vgasu.vrn.ru

The article considers two options for reducing heat loss of buildings, namely: the use of methods of architectural and planning organization of space and the use of modern aerogel thermal insulation. Such passive solutions in daily use and maintenance contribute to reducing the consumption of energy resources to ensure the required characteristics of the microclimate. The paper presents a comparison of the heat loss of a building of a given building volume, which in the first case has several variants of a space-planning solution, and in the second – different types of enclosing structures. Based on the analysis, the individual features of the application of both cases were described. At the conclusion of the work, conclusions were drawn about the advantages and disadvantages of the proposed options for reducing fuel and energy costs of microclimate systems and their impact on increasing the energy efficiency of buildings.

**Keywords:** architectural and planning solution, aerogel thermal insulation, energy saving, thermal efficiency, heat loss, thermal insulation.

### Введение

На данный момент повышение энергоэффективности зданий является первостепенным в

области строительства. Данная проблема особенно актуальна в связи с необходимостью сберечь природные энергоресурсы, чьи запасы в

последние десятилетия истощаются по всей планете с невероятной скоростью [1–3].

Целью исследования является подбор подходящего и максимально эффективного способа повышения энергоэффективности здания. Основной задачей будет создание доказательной базы, свидетельствующей о выгоде того или иного варианта снижения теплопотерь. Для изучения вопроса используем теоретические методы научного исследования.

Научная новизна данного исследования состоит в том, что выявлены реальные сравнительные данные теплопотерь, позволяющие более объективно взглянуть на очевидные методы, но не имеющие широкого применения.

Возьмем за основу типовое пятиэтажное здание и проведем сравнительный анализ теплопотерь нескольких с одинаковым строительным объемом. Подобное здание имеет следующие характеристики: строительный объем (жилой части) – 21517,8 м<sup>3</sup>; длина – 68,12 м; ширина – 37,12 м; высота здания – 16,00 м. Далее обратим внимание на здание, имеющее форму усеченной сферы с тем же принятым строительным объемом, для проведения сравнительного расчета [4–6]. Подобное сооружение будет занимать приблизительно  $\frac{3}{4}$  от диаметра полной сферы, чтобы иметь устойчивое основание и сохранять узнаваемую околосферическую форму [7]. Отсеченная часть сферы составит около 15,625 % от общего объема, а значит строительный объем здания составит 84,375 %.

Чтобы узнать радиус сферы необходимо составить пропорцию и узнать полный объем сферы, который в данном случае составит 25502,5778 м<sup>3</sup>. Далее из формулы объема сферы (1.1)

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (1.1)$$

выразим ее радиус (1.2)

$$R = \sqrt[3]{\frac{V \cdot 3}{4 \cdot \pi}} \quad (1.2)$$

В нашем случае радиус будет приблизительно равен 18,259904 м. Затем узнаем площадь поверхности этого здания (1.3), которая будет составлять 75 % от общей площади сферы.

$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 75 \%. \quad (1.3)$$

Следовательно, здание сферической формы имеет следующие показатели: строительный объем (жилой части) – 21517,8 м<sup>3</sup>; диаметр – 36,52 м; высота здания – 27,39 м.

В последующем расчете теплопотерь будет учитываться, что оба здания имеют витражное остекление [8, 9] для сохранения архитектурной эстетики сферического сооружения и объективности сравнения с типовым примером.

Допущения: не учитываются внутренние планировочные решения зданий, каждый этаж

рассмотрен как отдельное жилое помещение. Город застройки – Москва. Один метр у основания каждого здания является частью наружных ограждений полуподвального неотапливаемого помещения.

Оба здания имеют межэтажные перекрытия высотой 0,2 м: типовое – 5 этажей с высотой потолков 2,8 м; сферической формы – 7 этажей с потолками 2,8 м и один этаж с куполообразным потолком, имеющим в пиковой точке высоту 5,19 м.

Перекрытие крыши сферического здания имеет высоту 2,39 м по центральной оси. Его площадь рассчитывается по формуле (1.4) площади сферического сегмента и равна 274,205562 м<sup>2</sup>.

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h. \quad (1.4)$$

По этой же формуле в дальнейшем будем определять площадь поверхности стен (витражного остекления). Площадь поверхности пола найдем по формуле (1.5) площади основания сферического сегмента.

$$S = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot R - h). \quad (1.5)$$

Коэффициенты теплопотерь по сторонам света в здании сферической формы будут приняты с учетом, что каждое направление ориентировочно располагается на 12,5 % наружных ограждений каждого этажа. Для упрощения понимания приведем схему.

Коэффициенты теплопередачи ограждающих конструкций также являются общими для двух зданий. Витражное остекление будет выполнено однокамерным энергосберегающим стеклопакетом толщиной 24 мм, с коэффициентом сопротивления теплопередачи 1,46 Вт/(м<sup>2</sup> · °C) [3]. Коэффициент сопротивления теплопередачи потолочного перекрытия примем 0,33 Вт/(м<sup>2</sup> · °C), а пола – 0,35 Вт/(м<sup>2</sup> · °C) [10].

Все данные, полученные в ходе расчета теплопотерь здания сферической формы, приведены в таблице 1. Далее произведем расчет здания стандартного форм-фактора для последующего сравнения (табл. 2).

Основываясь на вышеизложенных расчетах, можем сделать вывод, что теплопотери в здании со стандартными параметрами и витражным остеклением составляют приблизительно 279894,490 Вт, а в здании шарообразной формы – 198968,515 Вт. Следовательно, теплопотери в здании нестандартной формы в 1,5 раза ниже, чем у здания с типовой архитектурой. Подобное решение по снижению теплопотерь можно назвать успешным, рекомендовать для дальнейшего рассмотрения и получения финансовой выгоды, а также актуальным для развития архитектурной композиции города.

Таблица 1

**Теплопотери здания сферической формы**

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристики ограждений		Площадь, А, м	Коэффициент теплопередачи К, Вт / (м <sup>2</sup> · °С)	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{о}) \cdot n, ^\circ\text{C}$	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{отр}, \text{Вт}$
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта					
1	Помещение 1 этажа	Пл	-	849,498	0,35	34,5	1	10257,687
		О	С	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СВ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СЗ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	В	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	З	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	Ю	40,135	1,47	46	1	2713,947
		О	ЮВ	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	ЮЗ	40,135	1,47	46	1	2713,947
								33326,235
2-7	Помещение 2-7 этажей	О	С	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СВ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СЗ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	В	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	З	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	Ю	40,135	1,47	46	1	2713,947
		О	ЮВ	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	ЮЗ	40,135	1,47	46	1	2713,947
								138411,29
8	Помещение 8 этажа	Пт	-	274,206	0,33	46	1	4162,440
		О	С	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СВ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	СЗ	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	В	40,135	1,47	46	1,1	2985,342
		О	З	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	Ю	40,135	1,47	46	1	2713,947
		О	ЮВ	40,135	1,47	46	1,05	2849,644
		О	ЮЗ	40,135	1,47	46	1	2713,947
								27230,989
$Q_{отр} =$								198968,515

Таблица 2

**Теплопотери здания типовой застройки**

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристики ограждений		Площадь, А, м	Коэффициент теплопередачи К, Вт / (м <sup>2</sup> · °С)	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{о}) \cdot n, ^\circ\text{C}$	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{отр}, \text{Вт}$
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта					
1	Помещение 1 этажа	Пл	-	2528,61	0,35	34,5	1	30533,019
		О	С	190,736	1,47	46	1,1	14187,325
		О	В	103,936	1,47	46	1,1	7730,968
		О	З	103,936	1,47	46	1,05	7379,560
		О	Ю	190,736	1,47	46	1	12897,568
								72728,440
2-4	Помещение 2-4 этажей	О	С	190,736	1,47	46	1,1	14187,325
		О	В	103,936	1,47	46	1,1	7730,968
		О	З	103,936	1,47	46	1,05	7379,560
		О	Ю	190,736	1,47	46	1	12897,568
								126586,26
5	Помещение 5 этажа	Пт	-	2528,614	0,33	46	1	38384,367
		О	С	190,736	1,47	46	1,1	14187,325
		О	В	103,936	1,47	46	1,1	7730,968
		О	З	103,936	1,47	46	1,05	7379,560
		О	Ю	190,736	1,47	46	1	12897,568
								80579,788
$Q_{отр} =$								279894,49

Совсем недавно на рынке появилась новая материал, выпускаемый в нескольких видах и для нанотехнологическая разработка - аэрогель - совершенно различных областей, от космонавтики

до градостроительства. Он обладает уникальными свойствами и является одним из самых совершенных теплоизоляционных материалов, если не лучшим из ныне существующих. Плотность аэрогеля составляет всего 1,9 кг/м<sup>3</sup>. Он гидрофобный, огнестойкий, имеет малую теплопроводность, прост в монтаже и абсолютно экологически безопасен [11].

Рассмотрим два распространенных теплоизоляционных материала и аэрогелевый рулонный утеплитель. Проанализируем теплопотери через многослойные конструкции стен и произведем сравнительный расчет для каждого из них. Для примера возьмем конструкцию стены, состоящую из декоративной штукатурки

( $\lambda = 0,29$  Вт/(м·К)); кирпичной кладки толщиной 510 мм ( $\lambda = 0,56$  Вт/(м·К)); теплоизоляции (аэрогелевой / минвата / пенополистирол); фасадной грунтовки ( $\lambda = 0,75$  Вт/(м·К)) [10, 12, 13].

Проведя теплотехнический расчет стен с разной вариацией изоляции, но одинаковой конструкцией получим следующее [6–8]: стена с аэрогелевой изоляцией – 0,227 Вт/(м·К); с изоляцией из пенополистирола – 0,4 Вт/(м·К); с изоляцией из минеральной ваты – 0,43 Вт/(м·К) [10, 13].

Далее произведем расчет теплопотерь зданий одинаковой конструкции. Полученные данные приведены в таблицах 3–5.

Таблица 3

**Теплопотери с изоляцией из минеральной ваты**

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}$ , °С	Характеристики ограждений		Площадь, А, м	Коэффициент теплопередачи К, Вт / (м <sup>2</sup> · °С)	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{н}) \cdot n$ , °С	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{отр}$ , Вт	
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта						
1	Помещение 1 этажа	ПЛ	-	2528,614	0,35	34,5	1	30533,019	
		НС	С	161,576	0,43	46	1,1	3515,571	
		НС	В	89,896	0,43	46	1,1	1955,957	
		НС	З	89,896	0,43	46	1,05	1867,050	
		НС	Ю	161,576	0,43	46	1	3195,973	
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179	
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753	
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128	
								482,890	
								42581,518	
2–4	Помещение 2–4 этажей	НС	С	161,576	0,43	46	1,1	3515,571	
		НС	В	89,896	0,43	46	1,1	1955,957	
		НС	З	89,896	0,43	46	1,05	1867,050	
		НС	Ю	161,576	0,43	46	1	3195,973	
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179	
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753	
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128	
		ДО	Ю	29,160	1,47	46	1	482,890	
								36145,498	
5	Помещение 5 этажа	Пт	-	2528,61	0,33	46	1	38384,367	
		НС	С	161,576	0,43	46	1,1	3515,571	
		НС	В	89,896	0,43	46	1,1	1955,957	
		НС	З	89,896	0,43	46	1,05	1867,050	
		НС	Ю	161,576	0,43	46	1	3195,973	
								531,179	
								255,753	
								244,128	
								482,890	
								50432,866	
								$\Sigma Q_{отр} =$	129159,88

Таблица 4

**Теплопотери с изоляцией из пенополистирола**

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}$ , °С	Характеристики ограждений		Площадь, А, м	Коэффициент теплопередачи К, Вт / (м <sup>2</sup> · °С)	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{н}) \cdot n$ , °С	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{отр}$ , Вт
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта					
1	Помещение 1 этажа	ПЛ	-	2528,61	0,35	34,5	1	30533,019
		НС	С	161,576	0,4	46	1,1	3270,298
		НС	В	89,896	0,4	46	1,1	1819,495
		НС	З	89,896	0,4	46	1,05	1736,791

Продолжение таблицы 4

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристики ограждений		Площадь, $\text{A}, \text{м}$	Коэффициент теплопередачи $K, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{н}) - \text{п}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{гр}, \text{Вт}$
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта					
		НС	Ю	161,576	0,4	46	1	2972,998
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128
		ДО	Ю	29,160	1,47	46	1	482,890
								41846,550
2-4	Помещение 2-4 этажа	НС	С	161,576	0,4	46	1,1	3270,298
		НС	В	89,896	0,4	46	1,1	1819,495
		НС	З	89,896	0,4	46	1,05	1736,791
		НС	Ю	161,576	0,4	46	1	2972,998
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128
								482,890
								33940,592
5	Помещение 5 этажа	Пт	-	2528,61	0,33	46	1	38384,367
		НС	С	161,576	0,4	46	1,1	3270,298
		НС	В	89,896	0,4	46	1,1	1819,495
		НС	З	89,896	0,4	46	1,05	1736,791
		НС	Ю	161,576	0,4	46	1	2972,998
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179
								255,753
								244,128
								482,890
								49697,897
								$\Sigma Q_{гр} = 125485,04$

Таблица 5

Теплопотери с изоляцией из аэрогеля

Номер помещения	Наименование помещения и расчетная температура воздуха $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристики ограждений		Площадь, $\text{A}, \text{м}$	Коэффициент теплопередачи $K, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Расчетная разность температур $(t_{в} - t_{н}) - \text{п}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент учета добавочных теплопотерь $1 + \Sigma\beta$	Основные потери теплоты через ограждения $Q_{гр}, \text{Вт}$
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта					
1	Помещение 1 этажа	ПЛ	-	2528,614	0,35	34,5	1	30533,019
		НС	С	161,576	0,227	46	1,1	1855,894
		НС	В	89,896	0,227	46	1,1	1032,563
		НС	З	89,896	0,227	46	1,05	985,629
		НС	Ю	161,576	0,227	46	1	1687,177
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128
								482,890
								37608,230
2-4	Помещение 2-4 этажей	НС	С	161,576	0,227	46	1,1	1855,894
		НС	В	89,896	0,227	46	1,1	1032,563
		НС	З	89,896	0,227	46	1,05	985,629
		НС	Ю	161,576	0,227	46	1	1687,177
		ДО	С	29,160	1,47	46	1,1	531,179
		ДО	В	14,040	1,47	46	1,1	255,753
		ДО	З	14,040	1,47	46	1,05	244,128
								482,890
								21225,634
5	Помещение 5 этажа	Пт	-	2528,614	0,33	46	1	38384,367
		НС	С	161,576	0,227	46	1,1	1855,894
		НС	В	89,896	0,227	46	1,1	1032,563
		НС	З	89,896	0,227	46	1,05	985,629
								1687,177
								531,179
								255,753
								244,128
								482,890
								45459,578
								$\Sigma Q_{гр} = 104293,42$

Сравнивая полученные результаты, можно сделать следующий вывод: минеральная вата и пенополистирол имеют практически идентичные показатели в 129159,88 Вт и 125485,04 Вт. Видимая разница есть, но она практически не ощутима по сравнению с результатом аэрогеля в 104293,442 Вт. Его показатель на 1/5 меньше, он по всем характеристикам выигрывает на фоне других представителей рынка. Однако и его стоимость значительно выше. Войдет ли аэрогелевая изоляция в повсеместное использование остается вопросом на данный момент, но вышеизложенный расчет показывает его преимущества и дает повод действительно задуматься о соразмерности финансовых трат и его достоинствах.

В данной работе были рассмотрены два способа снижения теплопотерь: архитектурно-планировочный и использование современного аэрогелевого утеплителя. При изменении форм-фактора здания получены значения теплопотерь в 1,5 раза меньше изначального при тех же условиях. При использовании же аэрогелевого утеплителя показатели снизились на 1/5.

Оба способа показали прекрасные результаты. Однако они не взаимозаменяемы. К примеру,

здание нестандартной формы не должно нарушать архитектурной композиции города, что накладывает ряд ограничений. В то время, как изменение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на архитектурной концепции городского квартала не сказывается совершенно [14]. С другой точки зрения, при применении витражного остекления здания наилучшим способом снижения теплопотерь однозначно выступает изменение его формы, выступая в рассматриваемой ситуации спасительным решением [8, 15].

#### **Заключение**

Полученные в ходе исследований данные показывают объективную разницу широко используемых методик и предложенных в данной работе. Оба варианта имеют право на существование. Выбор того или другого способа зависит от конкретных условий района строительства и архитектурной концепции рассматриваемого городского квартала. Полученные результаты могут найти применение при выборе и поиске более выгодного ситуативного решения, давая четкое представление о конкретных преимуществах и недостатках приведенных методов.

#### **Список литературы**

1. Энергетическая проблема человечества и пути ее решения // FB. – Режим доступа: <https://yandex.ru/turbo/fb.ru/s/article/327190/energeticheskaya-problema-chelovechestva-i-puti-ee-resheniya> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Пятиэтажный жилой дом // СН-строй. – Режим доступа: [http://sn-stroy.com/portfolio-item/pyatietazhnyj-zhilod-dom/#prettyPhoto\[project-gallery\]/0/](http://sn-stroy.com/portfolio-item/pyatietazhnyj-zhilod-dom/#prettyPhoto[project-gallery]/0/) (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
3. Исанова, А. В. Обеспечение требуемых характеристик внутреннего микроклимата при проектировании квартирной многоэтажной жилой застройки с учетом ее аэрационного режима / А. В. Исанова, И. В. Попова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1 (36). – С. 25–29.
4. Прошунина К. А. Теоретическая взаимосвязь эргономических принципов и концептуальной архитектуры жилого пространства астраханский государственный архитектурно-строительный университет / К. А. Прошунина, И. А. Овчеренко // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2018. – № 4 (26). – С. 12–22.
5. Лисициан М. В. Архитектурное проектирование жилых зданий / М. В. Лисициан, В. Л. Пашковский, З. В. Петунина, Е. С. Пронин, Н. В. Федорова, М. А. Федяева. – Москва : Архитектура – С, 2006. – 488 с.
6. Потери тепла можно снизить, совершенствуя инженерные системы, конструктивные решения // Fiberglass Windows & Doors. – Режим доступа: <http://elitstekloplast.ru/o-steklokompozite/poleznye-statii/132-poteri-tepla-mozhno-snizit-sovshenstvuyua-inzhenernye-sistemy-konstruktivnye-resheniya.html> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Дома сферической формы: подарок природы или архитектурное излишество? // Дом и ремонт. – Режим доступа: <https://dom-i-remont.info/posts/proekt-doma/doma-sfericheskoy-formy-podarok-prirody-ili-arhitekturnoe-izlishestvo/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Энергосберегающие окна. Как минимизировать потери тепла // Портал-Энерго. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/137> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Снижение теплопотерь через окна посредством установки двойных и тройных стеклопакетов // Окна на века. – Режим доступа: <https://okna-veka64.ru/okna/raschet-teploter-cherez.html> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Расчет теплопроводности стен: таблица теплопроводности материалов // Компания ООО «СЕЛЕНА». – Режим доступа: <https://www.solntse.ru/articles/vnutrennyaya-izolyatsiya/kak-rasschitat-teplosoprotivlenie-steny/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Аэрогелевая изоляция: космические технологии на страже тепла // Просто о строительстве. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5fdb3f8aee49c837afb5a63b/aerogelevaia-izolaciia-kosmicheskie-tehnologii-na-straje-tepla-60f9039abbe8c109b0dad8b7> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Что такое аэрогель, его характеристики // Малоэтажная страна. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/aerogel-eto/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Теплоизоляционные материалы: виды утеплителей, применяемых в строительстве // Малоэтажная страна. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/teploizolyatsionnye-materialy/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

14. Колосов А. И. Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома : уч. пос. / А. И. Колосов, Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, С. А. Яременко, Г. Н. Мартыненко. – Воронеж : Воронежский ГАСУ, 2014. – 86 с.

15. Тихомиров К. В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция / К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеенко. – Москва : Стройиздат, 1991. – 480 с.

© А. В. Исанова, Е. Д. Кретьова, Д. А. Драпалюк, Н. А. Драпалюк

**Ссылка для цитирования:**

Исанова А. В., Кретьова Е. Д., Драпалюк Д. А., Драпалюк Н. А. Анализ использования современной теплоизоляции на основе аэрогеля при проектировании энергоэффективных зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 5–11.

УДК 621.31:624.01:721.012

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-11-18

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ АДМИНИСТРАТИВНО-ТОРГОВЫХ ЗДАНИЙ  
ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

*Л. Х. Зайнутдинова, Р. А. Зайнутдинов, С. А. Лиманский, Д. Г. Полонский*

*Зайнутдинова Лариса Хасановна*, доктор педагогических наук, профессор, Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, руководитель Научно-образовательного центра «Альтернативная энергетика», г. Астрахань, e-mail: Lzain@mail.ru;

*Зайнутдинов Рустем Ахтямович*, кандидат технических наук, генеральный директор, ООО «АльтСолар», г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: rz@altsolar.ru;

*Лиманский Сергей Александрович*, инженер, ООО «АльтСолар», г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: serega.astrakhan@bk.ru;

*Полонский Дмитрий Геннадьевич*, заместитель директора, ООО «АльтСолар», г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: dgp@altsolar.ru

Обоснована целесообразность использования сетевых солнечных электростанций для административно-торговых зданий; показаны особенности их проектирования для эксплуатируемых сооружений. Выделено восемь этапов. Приведен пример проектирования сетевой солнечной электростанции мощностью 72 кВт. Дано определение срока окупаемости при условии отдачи излишков вырабатываемой энергии в сеть. Представлены оценки годовых объемов энергосбережения для ряда сетевых солнечных электростанций, реализованных авторами на эксплуатируемых административно-торговых зданиях Астраханской области. Предложено ввести удельные показатели энергоэффективности. Получены средние значения удельных показателей в условиях Астраханской области.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, административно-торговые здания, микрогенерация, сетевая солнечная электростанция.

**INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY  
OF OPERATED ADMINISTRATIVE AND COMMERCIAL BUILDINGS  
BY USING NETWORK SOLAR POWER PLANTS**

*L. Kh. Zaynutdinova, R. A. Zaynutdinov, S. A. Limanskiy, D. G. Polonskiy*

*Zaynutdinova Larisa Khasanovna*, of Pedagogical Sciences, Astrakhan State University named after named V. N. Tatishchev, Head of the Scientific and Educational Center “Alternative Energy”, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: Lzain@mail.ru;

*Zaynutdinov Rustem Akhtyamovich*, Candidate of Technical Sciences, General Director, AltSolar LLC, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: rz@altsolar.ru;

*Limanskiy Sergey Aleksandrovich*, engineer, AltSolar LLC, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: serega.astrakhan@bk.ru;

*Polonskiy Dmitriy Gennadyevich*, Deputy Director, AltSolar LLC, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: dgp@altsolar.ru

The expediency of using network solar power plants for administrative and commercial buildings is substantiated. The features of the design of network solar power plants for operated buildings are shown. 8 stages of design are allocated. An example of designing a network solar power plant with a capacity of 72 kW is given. The determination of the payback period is shown under the condition of the return of excess generated energy to the grid. Estimates of annual energy saving volumes for a number of grid-based solar power plants implemented by the authors on the operated administrative and commercial buildings of the Astrakhan region are given. It is proposed to introduce specific energy efficiency indicators. The average values of specific indicators in the conditions of the Astrakhan region are obtained.

**Keywords:** energy efficiency, energy saving, administrative and commercial buildings, microgeneration, grid solar power plant.