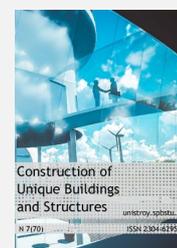




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



doi: 10.18720/CUBS.76.2

Обоснование стоимости утеплителей от их теплофизических характеристик

Determination of the cost of insulation on their thermophysical characteristics

О.С. Гамаюнова ^{1*}

¹Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

O. Gamayunova ^{1*}

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St.
Petersburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

энергоэффективность;
ограждающие конструкции;
утеплитель;
коэффициент теплопроводности;
математическая модель;
стоимость;
коэффициент детерминации

KEYWORDS

energy efficiency;
enclosing structures;
insulation;
heat conduction coefficient;
mathematical model;
cost;
coefficient of determination

АННОТАЦИЯ

Использование энергоэффективных материалов (теплоизоляторов) при строительстве и реконструкции зданий и сооружений является ключевым фактором, влияющим на тепловой баланс здания (минимизацию потерь теплоты через ограждающие конструкции здания). Известно, что снижение затрат на отопление (расход теплоты или тепловой энергии) является важной технико-энергетической задачей, особенно для условий северных регионов. Основным способ энергосбережения – это утепление ограждающих конструкций, в частности, стен. Однако важен компромисс между снижением теплопотерь здания и экономической эффективностью энергосберегающих мероприятий. В данной статье описана методика обоснования зависимости стоимости утеплителей от их технических характеристик, основанная на статистическом анализе ценовых и теплотехнических характеристик, используемая в дальнейшем при разработке оптимизационных моделей подбора и использования теплоизоляционных материалов (утеплителей).

ABSTRACT

The use of energy-efficient materials (heat insulators) in the construction and renovation of buildings and structures is a key factor affecting the heat balance of the building (minimizing heat loss through the building enclosing structures). It is known that reducing the cost of heating (the consumption of heat or thermal energy) is an important technical and energy problem, especially for the conditions of the northern regions. The main way to save energy is to insulate enclosing structures, in particular, walls. However, a compromise between reducing the heat loss of a building and the economic efficiency of energy-saving measures is important. This article describes the method of justifying the dependence of the cost of heaters on their technical characteristics, based on a statistical analysis of price and thermal characteristics, used later in the development of optimization models for the selection and use of heaters.

Содержание

1.	Введение	21
2.	Методы	22
3.	Результаты и обсуждение	24
4.	Заключение	29

1. Введение

В последние годы неуклонно растет спрос на материалы и технологии, способные повысить энергоэффективность зданий и сооружений. Основным источником теплопотерь, как правило, являются наружные стены [1 - 10]. Требования современных нормативов по утеплению строительных конструкций

сформированы исходя из экономической целесообразности. При этом важно, чтобы экономия достигалась без особого удорожания работ [11 - 16].

В большинстве случаев, чтобы достичь требований норматива по теплосбережению, прибегают к использованию утепления строительных конструкций. На современном строительном рынке существует множество теплоизоляционных материалов, различающихся стоимостью, толщиной и прочими техническими характеристиками. В этом случае возникает множество вопросов: какой утеплитель выбрать? с какими характеристиками? а как характеристики и стоимость утеплителя повлияют на срок окупаемости энергосберегающих мероприятий?

Чтобы ответить на эти вопросы, нужно, в первую очередь, обратить внимание на стоимость утеплителя, которая напрямую повлияет на срок окупаемости и экономическую эффективность энергосберегающих мероприятий [17, 18].

Целью настоящей работы является алгоритм выбора энергоэффективного материала для теплоизоляции ограждающей конструкции, учитывающий ценовые и теплотехнические факторы. Решается задача о разработке и тестировании аналитической методики обоснования зависимости стоимости утеплителей от их характеристик. Решение поставленной задачи направлено на разработку непрерывной (линейной) оптимизационной модели, учитывающей компромисс между снижением теплопотерь здания и экономической эффективностью энергосберегающих мероприятий.

2. Методы

Объектом исследования является зависимость стоимости 1 м² утеплителя от его технических характеристик, таких как: толщина, теплопроводность, плотность и др.).

Основные положения методики:

рассматриваются различные образцы утеплителей из минеральной (базальтовой) ваты, пенополистирола и экструдированного пенополистирола;

предполагается линейный характер зависимости удельной стоимости утеплителя от его технических характеристик, что определяет целесообразность использования линейной многофакторной регрессионной модели для описания зависимости. Указанная модель имеет вид:

$$\hat{y} = a_0 + \sum_j a_j \cdot x_j, \quad (1)$$

где \hat{y} – зависимая характеристика ;

a_0 – свободный член регрессионной модели;

a_j – коэффициенты регрессии;

x_j – фактор j, влияющий на зависимую характеристику;

обоснование зависимости стоимости утеплителя от его технических характеристик предполагает обоснование параметров модели – коэффициентов $\{a_j\}$ – по критерию минимизации суммы (по образцам утеплителей) квадратов отклонений фактических значений стоимости образцов утеплителей от прогнозных, определенных при известных технических характеристиках $\{x_j\}$ образцов;

- для оценки достоверности полученной регрессионной модели, будет использоваться коэффициент детерминации R², соответствующий интервалу значений $(-\infty; 1]$.

Исходные данные и индексы:

n - количество образцов утеплителя, ед.;

m - количество параметров утеплителя, ед.

i=1,...,n - индекс образца утеплителя;

j=1,...,m - индекс параметра утеплителя

x_{ji} - значение параметра j для образца утеплителя i;

y_i - фактические значения стоимости утеплителя i, руб.

Расчетные характеристики разработанной аналитической методики представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Наименование, единицы измерения и формулы для расчетных характеристик

№ п.п.	Наименование характеристики	Ед. изм.	Формула
1	Элемент главной матрицы системы уравнений регрессионной модели, соответствующий строке l ($l = 1, 2, \dots, m$) и столбцу k ($k = 1, 2, \dots, m$)	-	$A_{lk} = \begin{cases} n, & \text{если } l = 1, k = 1; \\ \sum_{i=1}^n x_{il}, & \text{если } l > 1, k = 1; \\ \sum_{i=1}^n x_{ik}, & \text{если } l = 1, k > 1; \\ \sum_{i=1}^n x_{il} \cdot x_{ik}, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
2	Элемент матрицы системы уравнений для параметра j' прогнозной модели ($j'=0, 1, \dots, m$), соответствующий строке l ($l = 1, 2, \dots, m$) и столбцу k ($k = 1, 2, \dots, m$)	-	$A_{lk}^{j'} = \begin{cases} \sum_{i=1}^m y_i, & \text{если } l = 1, k = j'; \\ \sum_{i=1}^m y_i \cdot x_{il}, & \text{если } l > 1, k = j'; \\ A_{lk}, & \text{в противном случае.} \end{cases}$
3	Значение параметра j' ($j'=0, 1, \dots, m$) прогнозной модели*	-	$a_{j'} = \frac{ A_{lk}^{j'} }{ A_{lk} }$
4	Прогнозные (расчетные) значения стоимости утеплителя i	руб.	$\hat{y}_i = a_0 + \sum_{j=1}^n a_j \cdot x_{ij}$
5	Среднее значение фактической стоимости утеплителей в количестве n	руб.	$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum y_i$
6	Коэффициент детерминации	-	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$
7	Количество параметров, включая свободный член	ед.	$k = j + 1$
8	Скорректированный коэффициент детерминации	-	$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-k}$

Примечание:

* Значение $j' = 0$ соответствует стоимостной константе; в противном случае – значение определяет коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра $j = j'$.

В виду того, что, значение коэффициента детерминации R^2 не уменьшается при добавлении в модель дополнительных факторов, целесообразно также использовать скорректированный коэффициент детерминации R_{adj}^2 , который даёт «штраф» за дополнительно включённые факторы и, соответственно, более достоверно оценивает полученную модель.

3. Результаты и обсуждение

Разработанная математическая модель была реализована на практическом примере с использованием программы Microsoft Excel [19 - 24].

В качестве исходных данных (табл.2) были выбраны утеплители в количестве 50 шт. торговых марок Knauf, Isoroc, Isover, Rockwool, Paroc, Ursa, Пеноплэкс, Технониколь и Baswool. Использовались такие параметры утеплителя как: толщина, коэффициент теплопроводности, средняя плотность, водопоглощение и группа горючести.

Таблица 2. Исходные данные и расчетные характеристики

№ п.п	Утеплитель	Толщина	Коэффициент теплопроводности	Средняя плотность	Водопоглощение за 24 часа, % по объему	Группа горючести	Фактическая стоимость
n		$\delta_i = x_{1i}$	$\lambda_i = x_{2i}$	$\rho_i = x_{3i}$	$\mu_i = x_{4i}$	$\varphi_i = x_{5i}$	$C = y_i$
-		м	Вт/(м·°С)	кг/м ³	%	-	руб./м ²
1	KNAUF ECOROLL Плита, 1230x610x50 мм	0,05	0,04	12,5	1	1	65
2	KNAUF ECOROLL Плита, 1230x610x100 мм	0,1	0,04	12,5	1	1	131
3	KNAUF ECOROLL Экстра Плита, 1230x1220x50 мм	0,05	0,037	11	1	1	66
4	KNAUF ECOROLL Экстра Плита, 1230x610x100 мм	0,1	0,037	10,5	1	1	133
5	KNAUF ТеплоКнауф Норд 1230X610X50 мм	0,05	0,035	20,7	1	1	97
6	KNAUF ТеплоКнауф Норд 1230X600X100 мм	0,1	0,032	17,5	1	1	230
7	ISOROC Ультралайт Л, 1000x600x50 мм	0,05	0,038	33	1,5	1	83
8	ISOROC Ультралайт Л, 1000x600x100 мм	0,1	0,038	33	1,5	1	165
9	ISOROC Изофас 140,	0,05	0,035	140	1,5	1	262

№ п.п	Утеплитель	Толщина	Коэффициент теплопроводности	Средняя плотность	Водопоглощен ие за 24 часа, % по объему	Группа горючест и	Фактическа я стоимость
		$\delta_i = x_{1i}$ м	$\lambda_i = x_{2i}$ Вт/(м·°С)	$\rho_i = x_{3i}$ кг/м ³	$\mu_i = x_{4i}$ %	$\varphi_i = x_{5i}$ -	$C = y_i$ руб./м ²
	1000x500x50 мм ISOROC						
10	Изофас 160, 1000x500x10 0 мм	0,1	0,039	160	1	1	568
	ISOVER						
11	Профи, 6000x1220x5 0 мм	0,05	0,04	14	1	1	63
	ISOVER						
12	Профи, 5000x1220x1 00 мм	0,1	0,037	14	1	1	134
	ISOVER						
13	Теплые стены, 1170x610x50 мм	0,05	0,036	20	2	1	85
	ISOVER						
14	Теплые стены, 1170x610x10 0 мм	0,1	0,036	20	1	1	160
	ISOVER						
15	Теплые стены Стронг, 1000x610x50 мм	0,05	0,034	20,5	1	1	72
	ISOVER						
16	Теплые стены Стронг, 1000x610x10 0 мм	0,05	0,034	20,5	1	1	160
	ISOVER						
17	ROCKWOOL Фасад Баттс, 1000x600x50 мм	0,05	0,037	130	1,5	1	318
	ROCKWOOL						
18	Фасад Баттс, 1000x600x10 0 мм	0,1	0,037	130	1,5	1	579
	ROCKWOOL						
19	Лайт Баттс, 1000x600x50 мм	0,05	0,036	37	1	1	108
	ROCKWOOL						
20	Лайт Баттс, 1000x600x10 0 мм	0,1	0,036	37	1	1	218
	ROCKWOOL						
21	Эконом, 1000x600x50 мм	0,05	0,039	26	1	1	63

№ п.п.	Утеплитель	Толщина	Коэффициент теплопроводности	Средняя плотность	Водопоглощение за 24 часа, % по объему	Группа горючести	Фактическая стоимость
		$\delta_i = x_{1i}$	$\lambda_i = x_{2i}$	$\rho_i = x_{3i}$	$\mu_i = x_{4i}$	$\varphi_i = x_{5i}$	$C = y_i$
-	-	м	Вт/(м·°С)	кг/м³	%	-	руб./м²
22	ROCKWOOL Эконом, 1000х600х100 мм	0,1	0,039	26	1	1	126
23	PAROC eXtra, 600х1200х50 мм	0,05	0,036	30,5	1	1	95
24	PAROC eXtra, 600х1200х100 мм	0,1	0,04	30,5	1	1	196,5
25	PAROC eXtra Light, 1200Х600Х50 мм	0,05	0,038	25	1	1	78
26	PAROC eXtra Light, 1200х600х100 мм	0,1	0,038	25	1	1	162
27	PAROC eXtra Smart, 1200х600х50 мм	0,05	0,036	32	1	1	100
28	PAROC eXtra Smart, 1200х600х100 мм	0,1	0,036	32	1	1	200

Таблица 2 (продолжение). Исходные данные и расчетные характеристики

№ п.п.	Утеплитель	Толщина	Коэффициент теплопроводности	Средняя плотность	Водопоглощение за 24 часа, % по объему	Группа горючести	Фактическая стоимость
		$\delta_i = x_{1i}$	$\lambda_i = x_{2i}$	$\rho_i = x_{3i}$	$\mu_i = x_{4i}$	$\varphi_i = x_{5i}$	$C = y_i$
-	-	м	Вт/(м·°С)	кг/м³	%	-	руб./м²
29	URSA Универсальный, 1250х600х50 мм	0,05	0,036	16	1	1	58
30	URSA Универсальный, 1250х600х100 мм	0,1	0,036	16	1	1	123
31	URSA Terra, 1250х610х50 мм	0,05	0,036	16	1	1	64
32	URSA Terra, 1250х610х100 мм	0,1	0,036	16	1	1	126
33	URSA PureOne 34PN, 1250х600х50 мм	0,05	0,034	20	1	1	113

	URSA						
	PureOne						
34	37RN, 1000x1200 x100 мм	0,1	0,037	15	1	1	166
	ПЕНОПЛЭК						
35	С Стена, 1185x585x5 0 мм	0,05	0,032	20	0,5	3	280
	ПЕНОПЛЭК						
36	С Комфорт, 1200x600x5 0 мм	0,05	0,03	30	0,4	3	263
	ПЕНОПЛЭК						
37	С Комфорт, 1200x600x8 0 мм	0,08	0,03	30	0,4	3	368
	ТЕХНОНИК						
	ОЛЬ						
38	Техноблок Стандарт 1200X600X 50 мм	0,05	0,035	45	1,5	1	117
	ТЕХНОНИК						
	ОЛЬ						
39	Техноблок Стандарт 1200X600X 100 мм	0,1	0,035	45	1,5	1	234
	ТЕХНОНИК						
	ОЛЬ						
40	Технофас Оптима, 600X1200X 50 мм	0,05	0,039	120	1	1	281
	ТЕХНОНИК						
	ОЛЬ						
41	Технофас Оптима, 600X1200X 100 мм	0,1	0,039	145	1	1	565,5
	BASWOOL						
42	Стандарт 50, 1200x600x 100 мм	0,1	0,038	50	1	1	207
	BASWOOL						
43	Стандарт 60, 1200x600x5 0 мм	0,05	0,038	60	1	1	116
	BASWOOL						
44	Стандарт 70, 1200x600x5 0 мм	0,05	0,038	70	1	1	129
	BASWOOL						
45	Стандарт 70, 1200x600x 100 мм	0,1	0,038	70	1	1	257

46	BASWOOL Фасад 110, 1200x600x 100 мм	0,1	0,038	110	1	1	436
47	BASWOOL Фасад 120, 1200x600x 100 мм	0,1	0,038	120	1	1	473
48	BASWOOL Фасад 140, 1200x600x 50 мм	0,05	0,038	140	1	1	246
49	BASWOOL Фасад 160, 1200x600x 100 мм	0,1	0,038	160	1	1	490
50	BASWOOL Фасад 160, 1200x600x 150 мм	0,15	0,038	160	1	1	735
Суммарное значение		3,78	1,83	2594,7	52,8	56	10565
Среднее значение		0,08	0,04	51,89	1,06	1,12	211,30
Минимальное значение		0,05	0,03	10,5	0,4	1	58
Максимальное значение		0,15	0,04	160	2	3	735

Элементы главной матрицы системы уравнений регрессионной модели (рис.1) были рассчитаны в соответствии с п.1 табл.1.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
59																	
60			n	$\sum_{i=1}^n X_{1i}$	$\sum_{i=1}^n X_{2i}$	$\sum_{i=1}^n X_{3i}$	$\sum_{i=1}^n X_{4i}$	$\sum_{i=1}^n X_{5i}$		50,00	3,78	1,83	2594,70	52,80	56,00		
61			$\sum_{i=1}^n X_{1i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{1i} \cdot X_{2i}$	$\sum_{i=1}^n X_{1i} \cdot X_{3i}$	$\sum_{i=1}^n X_{1i} \cdot X_{4i}$	$\sum_{i=1}^n X_{1i} \cdot X_{5i}$			3,78	0,32	0,14	211,39	3,98	4,14		
62	Главный определитель системы уравнений	$\Delta =$	$\sum_{i=1}^n X_{2i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{2i} \cdot X_{1i}$	$\sum_{i=1}^n X_{2i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{2i} \cdot X_{3i}$	$\sum_{i=1}^n X_{2i} \cdot X_{4i}$	$\sum_{i=1}^n X_{2i} \cdot X_{5i}$	$=$	1,83	0,14	0,07	96,66	1,94	2,02	$=$	631,49
63			$\sum_{i=1}^n X_{3i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{3i} \cdot X_{1i}$	$\sum_{i=1}^n X_{3i} \cdot X_{2i}$	$\sum_{i=1}^n X_{3i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{3i} \cdot X_{4i}$	$\sum_{i=1}^n X_{3i} \cdot X_{5i}$		2594,70	211,39	96,66	250261,49	2846,70	2754,70		
64			$\sum_{i=1}^n X_{4i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{4i} \cdot X_{1i}$	$\sum_{i=1}^n X_{4i} \cdot X_{2i}$	$\sum_{i=1}^n X_{4i} \cdot X_{3i}$	$\sum_{i=1}^n X_{4i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{4i} \cdot X_{5i}$		52,80	3,98	1,94	2846,70	59,32	55,40		
65			$\sum_{i=1}^n X_{5i}^2$	$\sum_{i=1}^n X_{5i} \cdot X_{1i}$	$\sum_{i=1}^n X_{5i} \cdot X_{2i}$	$\sum_{i=1}^n X_{5i} \cdot X_{3i}$	$\sum_{i=1}^n X_{5i} \cdot X_{4i}$	$\sum_{i=1}^n X_{5i}^2$		56,00	4,14	2,02	2754,70	55,40	74,00		

Рис.1. Элементы главной матрицы системы уравнений регрессионной модели

Аналогичным образом были рассчитаны частные определители системы уравнений для параметров $a_0 - a_5$. Остальные параметры расчетной модели (табл.3) рассчитываются по формулам пп.3 – 8 табл.1.

Таблица 3. Параметры расчетной модели

№ п.п.	Наименование параметра	Ед. изм.	Обозначение / формула	Значение
1	Стоимостная константа	руб./м ²	$a_0 = \Delta a_0 / \Delta$	27,87
2	Коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра δ	руб./м ³	$a_1 = \Delta a_1 / \Delta$	2544,85

3	Коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра λ	$\frac{\text{руб.} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{м} \cdot \text{Вт}}$	$a_2 = \Delta a_2 / \Delta$	-6297,03
4	Коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра ρ	$\frac{\text{руб.} \cdot \text{м}}{\text{кг}}$	$a_3 = \Delta a_3 / \Delta$	2,59
5	Коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра μ	$\frac{\text{руб.}}{\text{м}^2 \cdot \%}$	$a_4 = \Delta a_4 / \Delta$	-5,12
6	Коэффициент пропорциональности удельной стоимости утеплителя значению параметра φ	руб./м ²	$a_5 = \Delta a_5 / \Delta$	83,17
7	Коэффициент детерминации	-	R^2	0,922
8	Количество параметров, включая свободный член	ед.	k	6
9	Скорректированный коэффициент детерминации	-	R_{adj}^2	0,913

В итоге прогнозная (аналитическая) модель примет вид:

$$\hat{y} = 27,87 + 2544,85 \cdot x_1 - 6297,03 \cdot x_2 + 2,59 \cdot x_3 - 5,12 \cdot x_4 + 83,17 \cdot x_5 \quad (2)$$

Для оценки качества модели предлагается использовать коэффициент детерминации R^2 (п.6 табл.1). Чем ближе R^2 к единице, тем сумма квадратов ошибок прогноза – меньше, а влияние факторов на исследуемый показатель – больше.

Для описанной выше модели значение $R^2 = 0,922$, что говорит о достаточно хорошей тесноте связи между исследуемыми факторами. Однако тот факт, что значение R^2 всё же не доходит до единицы, свидетельствует о том, что в модели не учтены еще какие-то факторы, влияющие на цену утеплителя.

Для того, чтобы число регрессоров (факторов) не влияло на статистику R^2 , он, как правило, заменяется на скорректированный коэффициент детерминации R_{adj}^2 , который даёт «штраф» за дополнительно включённые факторы (п.9 табл.1). Для полученной модели (2) скорректированный коэффициент детерминации $R_{adj}^2 = 0,913$, что также подтверждает достоверность полученных результатов.

4. Заключение

Полученная аналитическая методика обоснования зависимости стоимости утеплителей от их характеристик может быть использована для разработки оптимизационных моделей по подбору и использованию утеплителей для повышения энергоэффективности зданий и сооружений. Дальнейшим направлением работы будет разработка и описание непрерывной оптимизационной модели, учитывающей компромисс между снижением теплопотерь здания и экономической эффективностью энергосберегающих мероприятий.

Литература

- [1]. Мусорина Т.А., Гамаюнова О.С., Петриченко М.Р. Обоснование конструктивных мероприятий по увеличению энергоэффективности стеновых ограждений // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 11 (110). С. 1269-1277.
- [2]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Анализ теплоэнергетических характеристик жилого здания из газобетонных блоков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12 (51). С. 45-60.
- [3]. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 8 (119). С. 935-943.
- [4]. Иванова Е.С., Горшков А.С. Расчет энергопотребления здания, построенного по минимальным требованиям к тепловой защите // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 4 (43). С. 58-72.
- [5]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Оценка влажностного режима стен с фасадными

References

- [1]. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Obosnovanie konstruktivnykh meropriyatii po uvelicheniyu energoeffektivnosti stenovykh ograzhdeniy [Substantiation of design measures to increase energy efficiency of exterior walls]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 11 (110), Pp. 1269–1277.
- [2]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Heat and power characteristics analysis carried out for the residential building made of autoclaved aerated concrete blocks // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 12 (51). Pp. 45-60.
- [3]. Tatyana A. Musorina, Ol'ga S. Gamayunova, Mikhail R. Petrichenko. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018, vol. 13, issue 8

- теплоизоляционными композиционными системами // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 34-54.
- [6]. Немова Д.В., Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Корниенко С.В., Горшков А.С. Воздушный режим трехслойной стеновой конструкции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 102-114.
- [7]. Petrichenko M.R., Kotov E.V., Nemova D.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. Numerical simulation of ventilated facades under extreme climate conditions // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). Pp. 130-140.
- [8]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С., Ольшевский В.Я., Пестряков И.И. Обоснование расчетных теплотехнических характеристик стен из автоклавных газобетонных блоков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 6 (69). С. 35-58.
- [9]. Petrichenko M.R., Nemova D.V., Kotov E.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. Ventilated facade integrated with the HVAC system for cold climate // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). Pp. 47-58.
- [10]. Перцева А.Е., Хижняк Н.С., Радаев А.Е. Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit, Autodesk Autocad и Дынамо) // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 4. С. 4.
- [11]. Мартыненко Е.А., Старицына А.А., Рыбаков В.А. Реконструкция жилого квартала исторического центра Санкт-Петербурга // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1 (40). С. 32-42.
- [12]. Vatin N.I., Ivanov A.Y., Rutman Y.L., Chernogorskiy S.A. Earthquake engineering optimization of structures by economic criterion // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 8 (76). Pp. 67-83.
- [13]. Цейтин Д.Н., Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Техико-экономическое обоснование утепления фасадов при реновации жилых зданий первых массовых серий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1 (40). С. 20-31.
- [14]. Ismagilova L.A., Gileva T.A., Galimova M.P., Glukhov V.V. Digital business model and smart economy sectoral development trajectories substantiation // Lecture Notes in Computer Science (см. в книгах). 2017. Т. 10531 LNCS. Pp. 13-28.
- [15]. Савичев К.Д., Глухов В.В. Влияние энергоемкости ВВП на качество жизни: показатели оценки и методы государственной поддержки // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 1. С. 77-86.
- [16]. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P., Kydrevich O.O. Payback period of investments in energy saving // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 2 (78). Pp. 65-75.
- [17]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petrichenko M.R. The elementary mathematical model of sustainable enclosing structure // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 8 (68). Pp. 86-91.
- [18]. Заборова Д.Д., Куколев М.И., Мусорина Т.А., Петриченко М.Р. Математическая модель энергетической эффективности слоистых строительных ограждений // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. № 4 (254). С. 28-33.
- [19]. Радаев А.Е., Левенцов В.А., Кобзев В.В. Оптимизационные модели обоснования характеристик системы управления многоменклатурными запасами на промышленном предприятии // Логистика и управление цепями поставок. 2017. № 3 (80). С. 4-20.
- (119), pp. 935–943. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.8.935-943
- [4]. Ivanova E.S., Gorshkov A.S. Calculation of energy consumption of the building with the minimum requirements for thermal protection // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 4 (43). Pp. 58-72.
- [5]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Assessment of moisture conditions of walls with facade's thermoinsulation composite systems with external mortar layers // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 6 (45). Pp. 34-54.
- [6]. Vatin N.I., Petrichenko M.R., Korniyenko S.V., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Air mode of a tripple wall // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 6 (45). Pp. 102-114.
- [7]. Petrichenko M.R., Kotov E.V., Nemova D.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. Numerical simulation of ventilated facades under extreme climate conditions // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). Pp. 130-140.
- [8]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S., Olshevskiy V.Y. and Pestryakov I.I. Designed thermophysical parameters of walls made of autoclaved aerated concrete blocks // Construction of Unique Buildings and Structures. 2018. № 6 (69). Pp. 35-58.
- [9]. Petrichenko M.R., Nemova D.V., Kotov E.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. Ventilated facade integrated with the HVAC system for cold climate // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 1 (77). Pp. 47-58.
- [10]. Pertceva A.E., Khizhnyak N.S., Radaev A.E. Algorithm of designing complex shape construction using automation tools (by example of Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD and Dynamo) // Russian journal of transport engineering. 2018. No 4, Vol 5. P.4.
- [11]. Martynenko E.A., Staritsyna A.A., Rybakov V.A. Reconstruction of the Residential District of St. Petersburg Historic Center // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 1 (40). Pp. 32-42.
- [12]. Vatin N.I., Ivanov A.Y., Rutman Y.L., Chernogorskiy S.A. Earthquake engineering optimization of structures by economic criterion // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 8 (76). Pp. 67-83.
- [13]. Tseytin D.N., Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Feasibility study for renovation of facades heat insulation of residential buildings of the first mass series // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 1 (40). Pp 20-31.
- [14]. Ismagilova L.A., Gileva T.A., Galimova M.P., Glukhov V.V. Digital business model and smart economy sectoral development trajectories substantiation // Lecture Notes in Computer Science (см. в книгах). 2017. Т. 10531 LNCS. Pp. 13-28.
- [15]. Savichev K.D., Glukhov V.V. Effect of GDP energy intensity on the quality of life: assessment indicators and methods of state support // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2018. Vol. 11. № 1. Pp. 77-86.
- [16]. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P., Kydrevich O.O. Payback period of investments in energy saving // Magazine of Civil Engineering. 2018. № 2 (78). Pp. 65-75.
- [17]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petrichenko M.R. The elementary mathematical model of sustainable enclosing structure // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 8 (68). Pp. 86-91.
- [18]. Zaborova D D, Kukolev M I, Mussorina M T and Petritchenko M R The simplest mathematical model of the energy efficiency of layered building envelopes // St. Petersburg polytechnic university journal of engineering science and technology. 2016. № 4 (254). Pp. 28-33.

- [20]. Малу́к В.И., Радаев А.Е., Силкина Г.Ю. Методика обоснования характеристик процесса развития промышленных предприятий с использованием средств оптимизационного моделирования // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 6. С. 195-211.
- [21]. Радаев А.Е., Кобзев В.В. Оптимизация конфигурации сети поставок промышленных предприятий на основе вероятностной процессной модели // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 6 (256). С. 166-178.
- [22]. Радаев А.Е., Кобзев В.В. Оптимизационная модель обоснования состава парка средств межцехового транспорта для обслуживания производственно-складской системы предприятия // Организатор производства. 2016. № 2 (69). С. 93-100.
- [23]. Радаев А.Е., Кобзев В.В. Оптимизационная модель кластеризации транспортной распределительной сети промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 3 (245). С. 245-257.
- [24]. Кобзев В.В., Радаев А.Е., Измаилов М.К. Обновление основных средств как задача управления промышленным предприятием // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 5 (62). С. 117-124.
- [19]. Radaev A.E., Leventsov V.A., Kobzev V.V. Optimization models for determination of characteristics for multi-item inventory control system within industrial enterprise // Logistics and supply chain management. 2017. № 3 (80). Pp. 4-20.
- [20]. Malyuk V.I., Radaev A.E., Silkina G.Yu. Procedure for determining the characteristics for development of industrial enterprises using optimization modeling tools // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2018. Vol.11 № 6. Pp. 195-211.
- [21]. Radaev A.E., Kobzev V.V. Optimizing the configuration for the supply network of industrial enterprises based on the probabilistic process model // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2016. № 6 (256). Pp. 166-178.
- [22]. Radaev A.E., Kobzev V.V. The optimization model of substantiation for the fleet of inter-workshop transport means for servicing the production and storage system of an enterprise // Organizator proizvodstva = Organizer of Production. 2016. № 2 (69). Pp. 93-100.
- [23]. Radaev A.E., Kobzev V.V. An optimization model for clustering a distributed transport network of an industrial enterprise // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics. 2016. № 3 (245). Pp. 245-257.
- [24]. Kobzev V.V., Radaev A.E., Izmailov M.K. Renewal of fixed assets as an issue of industrial enterprise // Vestnik VSGUTU. 2016. № 5 (62). Pp. 117-124.

Контактная информация

1.* +7(921)9658825, gamayunova_os@spbstu.ru (Гамаюнова Ольга Сергеевна, ст. преподаватель)

Contact information

1.* +7(921)9658825, gamayunova_os@spbstu.ru (Gamayunova Olga, Senior Lecturer)

© Гамаюнова О.С., 2019