УДК 692.232.45

© С. А. Сычёв, канд. тех. наук, доцент

© В. М. Рочева, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: rocheva_vm@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-5-106-116

© S. A. Sychev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© V. M. Rocheva, undergraduate

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: rocheva_vm@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА АКТИВНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ ЗДАНИЙ

TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF THE ACTIVE INTEGRATED FACADE SYSTEM AT MAJOR OVERHAUL FOR CREATING AUTONOMOUS BUILDINGS

Предложено обеспечивать потребителей экологически чистой и относительно недорогой энергией за счет использования ограждающих конструкций в качестве энергоустановок, накапливающих солнечную энергию с учетом требований энергоэффективности, архитектурно-конструктивных принципов зданий и передовых технологий возведения строительных конструкций. Рассмотрены проблемы, возникающие в процессе устройства навесных фасадных систем, предложена технология монтажа интегрированной фасадной активной системы. Описана последовательность производства работ и приведены технологические схемы монтажа основных элементов, представлен календарный график производства работ. Также выполнена оценка эффективности системы в климатических и географических условиях Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: навесные фасадные системы, активная интегрированная фасадная система, строительный подъемник, календарный график.

The article submits a proposal to provide consumers with environmentally friendly and relatively inexpensive energy through the use of enclosure structures in the capacity of power plants accumulating solar energy, taking into account the requirements of energy efficiency, architectural design principles of buildings and advanced technologies for the structural construction. Some problems arising in the process of installation of curtain wall systems are considered, and the technology of installation of the active integrated facade system is suggested. The sequence of works is described and technological schemes of installation of the main elements are given, the calendar schedule of works is presented. Also, the efficiency of the system in climatic and geographical conditions of different cities has been evaluated.

Keywords: curtain wall systems, active integrated facade system, construction hoist, calendar schedule.

Навесные фасадные системы в совместной работе с наружными ограждающими конструкциями зданий выполняют функции тепловой защиты и звукоизоляции, а также придают зданию эстетический вид и сохраняют его в течение длительного времени. В настоящее время наиболее распространены следующие виды фасадных систем: системы фасадные теплоизоляционные композиционные (СФТК), называемые также «мокрые фасады» или штукатурные фасады, светопрозрачные фасадные системы (конструкции светопрозрачные фасадные, КСФ), навесные

вентилируемые фасадные системы (НВФ) [1]. Краткая характеристика фасадных систем приведена в табл. 1.

Область применения данных фасадных систем включает такие строительные объекты, как городские жилые и общественные здания, частные загородные дома, промышленные здания. На рис. 1 приведены круговые диаграммы распределения объемов применения фасадных систем на разных типах зданий.

Как известно, традиционный метод устройства навесных вентилируемых фасадных си-

Таблица 1

Краткая характеристика фасадных систем

№ п/п	Характеристика	СФТК	КСФ	НВФ
1	Срок службы, лет	25	80	50
2	Требуемая температура окружающей среды при монтаже, °С	+5...+30	—	—
3	Стоимость проектных работ за 1 м ² , руб.	90–150	350–500	120–430
4	Стоимость 1 м ² материалов, руб.	800–1100	7500–12 000	1500–2100
5	Стоимость установки 1 м ² , руб.	1800–2000	5000–7000	1300–2500

систем предполагает монтаж металлической подсистемы, устройство паро- и теплоизоляции, а также монтаж облицовочного слоя [2]. При этом процесс монтажа отличается значительной трудоемкостью и большим количеством разнородных рабочих операций, необходимостью привлечения монтажных механизмов и устройства средств подмащивания. Также по мере набора высоты возникают трудности с контролем качества и доставкой материалов к рабочему месту. В связи с этим актуален вопрос совершенствования существующих технологических решений и поиска новых методов и подходов для устранения проблем, возникающих в процессе устройства навесных фасадных систем. Одним из методов снижения трудозатрат и сокращения количества рабочих операций является оптимизация конструктивно-технологических решений, в результате которой был разработан метод устройства активной интегрированной фасадной системы (АИФС), конструктивные особен-

ности которой описаны в работе [3]. Предлагаемая АИФС ориентирована на такое направление строительных работ, как капитальный ремонт зданий, причем цель установки такой системы заключается в повышении энергоэффективности и теплоизоляционных свойств зданий старой постройки.

В настоящее время распространены вертикальные и вертикально-горизонтальные навесные фасадные системы [4]. Вертикальные фасадные системы наименее трудоемки и отличаются малой материалоемкостью. Конструкцию АИФС можно отнести к вертикальному типу (рис. 2).

Основными монтируемыми элементами данной системы являются активные интегрированные фасадные панели (АИФП) (рис. 3), несущие планки и вертикальные заглушки для стыков.

Рис. 1. Распределение объемов СФТК, КСФ, НВФ, установленных на разных типах зданий

Рис. 2. Активная интегрированная фасадная система

Рис. 3. Активная интегрированная фасадная панель

АИФП состоит из защитного лицевого прозрачного остекления с приклеенным кремний-органическим каучуком солнечным модулем, металлического корпуса, включающего алюминиевую пластину с уступом, распорную раму из ПВХ, герметичную камеру, заполненную разряженным газом (аргон) и стальную крепежную панель с вибродемпфирующим покрытием [2]. Основные параметры АИФП приведены в табл. 2.

Солнечный фотоэлектрический модуль (СФМ) представляет собой совокупность множества солнечных элементов, которые преобразуют солнечное излучение в электрическую энергию при помощи такого процесса, как фотоэффект. В данном случае поток солнечного света выбивает носители заряда из верхнего слоя солнечного элемента в нижний и таким образом возникает электрический ток. В конструкции АИФС в качестве солнечного модуля могут быть использованы моно- или поликристаллические элементы, а также тонкопленочные (рис. 4). В настоящее время солнечные модули на основе моно- и поликристаллического кремния занимают около 90 % коммерческого рынка фотоэлектрических технологий [5]. Тем не менее модули на основе тонкопленочных технологий отличаются повышенной способностью к поглощению солнечного излучения, устойчивостью КПД при

высоких рабочих температурах и слабой интенсивности солнечного излучения.

Технология монтажа фасадных систем предполагает привлечение подъемных механизмов и средств подмащивания. В настоящее время наи-

Таблица 2

Основные параметры активной интегрированной фасадной панели

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Габаритные размеры панели, мм	600×600×70
2	Вес панели, кг	9,24
3	Рабочая площадь фотоэлектрического модуля, м ²	0,34
4	Защитное остекление: толщина, мм вес, кг	2 1,77
5	Металлический корпус: толщина пластины, мм вес пластины, кг толщина герметичной полости, мм толщина крепежной панели, мм вес крепежной панели, кг вес распорной рамы, кг толщина вибродемпфирующего покрытия, мм вес вибродемпфирующего покрытия, кг	1 1,46 55 1 1,46 3,54 2 0,72

Рис. 4. Типы СФМ: а — монокристаллический; б — поликристаллический; в — тонкопленочный

более актуально использование фасадных подъемников, к которым относятся строительные люльки, мачтовые подъемники и платформы, ножничные подъемники, самоходные коленчатые и телескопические подъемники (рис. 5) [6]. Технические характеристики фасадных подъемников представлены в табл. 3.

По данным табл. 3 можно сделать вывод, что мачтовые подъемники обладают большой грузоподъемностью, строительные люльки способны работать на высотных зданиях до 150 м и являются наиболее экономичным вариантом.

Ножничные подъемники отличаются хорошей проходимостью и высокой скоростью подъема, а также наличием широкой выдвижной рабочей платформы. Самоходные телескопические подъемники обладают хорошими грузовысотными характеристиками и обширной рабочей площадью в форме полусферы, но тем не менее они не способны обеспечить доступ в труднопроходимые и загроможденные участки. Данный недостаток способен устранить коленчатый подъемник с изгибаемой стрелой, который при этом обладает хорошей маневренностью и грузоподъемностью, компактными размерами. Также изгибаемая стрела обеспечивает доступ к участкам, расположенным ниже уровня опоры, что существенно расширяет область их применения. Тем не менее выбор оптимального монтажного механизма зависит от условий окружающей застройки, конструктивных параметров здания, технических и объемно-планировочных условий строительной площадки.

Монтаж АИФС начинается с цоколя здания в следующей последовательности: рабочие с по-

Рис. 5. Фасадные подъемники: а — строительная люлька ZLP 630; б — мачтовый Scanlimber SC 5000; в — ножничный JLG 530 LRT; г — коленчатый JLG 1250 AJP; д — телескопический JLG 1350 SJP

Таблица 3

Технические характеристики фасадных подъемников

№ п/п	Характеристика	Строительная люлька ZLP 630	Мачтовый Scanlimber SC 5000	Ножничный JLG 530 LRT	Коленчатый JLG 1250 AJP	Телескопический JLG 1350 SJP
1	Грузоподъемность, кг	630	4300	680	450	450
2	Скорость подъема, м/мин	9,6	7,0	9,8	—	—
3	Высота подъема, м	До 150	До 100	До 16,2	До 38	До 40
4	Длина рабочей платформы, м	До 8	До 16,9	До 4,8	2,44	2,44
5	Ширина рабочей платформы, м	0,69	1,615/3,415	1,92/3,04	0,91	0,91
6	Масса, кг	1790	3140	8290	21 000	20 400
7	Стоимость аренды, руб./сут	От 650	От 5000	От 1300	От 5100	От 5950

мощью лазерного уровня выполняют разметку точек установки несущих планок, далее производят сверление отверстий для опорных планок и их установку (рис. 6). После установки опорных планок производится монтаж АИФП, который содержит следующие рабочие операции: вставку нижней грани фасадной панели в паз несущей планки, выверку принимаемого панелью положения и закрепление панели к наружной стене здания с помощью анкерного крепления (рис. 7).

При монтаже следующей панели в вертикальном направлении в качестве несущей планки служит верхняя грань ранее смонтированной панели. Вертикальные стыки между панелями закрываются Т-образными заглушками с резиновыми уплотнителями путем вставки выступающей части заглушки в вертикальный зазор между панелями.

Как известно, процесс монтажа строительных конструкций состоит из отдельных рабочих операций, которые выполняются рабочими разных

специальностей. Поэтому для выполнения технологического комплекса работ создаются бригады, состоящие из рабочих разного профиля и квалификации [7].

Для расчета состава бригад необходимо сформировать общие звенья всего комплекса работ. Общая продолжительность работы бригады технологического комплекса определяется суммированием времени, затраченного каждым звеном. Калькуляция затрат для монтажа АИФС была выполнена для 100 м² фасада здания, и ее итогом является календарный график производства работ, приведенный на рис. 8. На календарном графике представлен последовательный метод работ в качестве условного примера, но при монтаже АИФС на здания с большой площадью фасада целесообразно разделять фронт работ на захватки и применять поточный метод. При поточном методе специализированные звенья равномерно перемещаются с одной захватки на

Рис. 6. Схема монтажа опорной планки

Рис. 7. Схема монтажа АИФП

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Объем работ	Трудо-емкость, чел.-дн.	Трудо-емкость, маш., маш.-см.	Марка под-емника/кол-во	Кол-во смен	Состав бригад	Продол-жительность, дн.	Дни			
										1	2	3	4
1	Подготовка и разметка фасада	м2	100	3,00	1,50	JLG 1250AJP /1 шт.	1	монтажник конструкций 5 р. – 1 чел., 4 р. – 1 чел.	1,50	—			
2	Установка несущих планок	м	10	0,50	0,00	JLG 1250AJP /1 шт.	1	монтажник конструкций 5 р. – 1 чел., 4 р. – 1 чел.	0,25	—			
3	Монтаж активных интегрированных фасадных панелей	шт.	37	3,70	1,85	JLG 1250AJP /1 шт.	1	монтажник конструкций 5 р. – 1 чел., 4 р. – 1 чел.	1,85		—		
4	Монтаж вертикальных заглушек	м	158	1,58	0,79	JLG 1250AJP /1 шт.	1	монтажник конструкций 5 р. – 1 чел., 4 р. – 1 чел.	0,79				—

Рис. 8. Календарный график производства работ по монтажу АИФС

другую, при этом обеспечивается непрерывное производство работ, сокращается продолжительность работ по сравнению с последовательным методом, а производительность труда возрастает.

Для оценки эффективности данной системы рассмотрим ее реализацию в климатических и географических условиях Санкт-Петербурга. Исходными данными для расчета эффективности являются значения суммарной солнечной радиации Q , кВт · ч/м², падающей на вертикально ориентированную поверхность площадью 1 м² в течение месяца при ясной погоде, приведенные в СП 131.13330.2012¹. При расчете следует сделать поправку на облачные пасмурные дни, среднее количество которых можно взять по данным ближайшей метеостанции. Для примера рассчитаем значения суммарной солнечной радиации Q' , падающей на вертикальную поверхность в течение января, с учетом потерь в атмосфере земли из-за облачности в Санкт-Петербурге (табл. 4) по формуле:

$$Q'_{\text{январь}} = Q_{\text{январь}} \left(\frac{N_{\text{я}}}{N_{\text{общ}}} k_1 + \frac{N_{\text{о}}}{N_{\text{общ}}} k_2 + \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{общ}}} k_3 \right) =$$

$$= 94 \left(\frac{1}{31} 1 + \frac{8}{31} 0,8 + \frac{22}{31} 0,3 \right) = 42,45 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2,$$

где k_1, k_2, k_3 — коэффициенты прохождения солнечной радиации через атмосферу Земли; $N_{\text{я}}, N_{\text{о}}, N_{\text{п}}$ — среднее количество ясных, облачных и пасмурных дней.

Полученные данные актуальны для солнечных модулей с абсолютной эффективностью, но так как применяемый в данной системе многопереходный солнечный элемент имеет эффективность 20 %, то при расчете необходимо учесть данное техническое ограничение. Для примера рассчитаем количество вырабатываемой АИФС электроэнергии на 100 м² фасада с учетом рабочей площади СФМ для января при ориентации поверхности на юг в Санкт-Петербурге:

$$A_{\text{АИФС}} = Q'_{\text{январь}} \eta_{\text{СФМ}} S_{\text{СФМ}} n_{\text{АИФС}} =$$

$$= 42,45 \cdot 0,2 \cdot 0,34 \cdot 264 = 762,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В табл. 5 приведены итоговые значения выработки АИФС электроэнергии для каждого месяца в течение года.

¹ СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. Введ. 2013-01-01 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.05.2018).

Таблица 4

Суммарная солнечная радиация на вертикально ориентированную поверхность с учетом облачности Q'_i в Санкт-Петербурге, кВт · ч/м²

Месяц	Ориентация поверхности				
	Юг	Юго-восток/ юго-запад	Восток/запад	Северо-восток/ северо-запад	Север
Январь	42,45	31,16	8,58	—	—
Февраль	67,48	50,36	21,65	—	—
Март	105,09	88,35	49,66	19,05	—
Апрель	117,80	107,26	85,56	40,92	19,22
Май	107,92	118,45	100,03	59,88	33,56
Июнь	91,83	104,11	100,23	74,37	42,03
Июль	101,50	106,17	102,83	66,77	40,73
Август	106,86	108,17	87,32	47,57	23,46
Сентябрь	99,71	90,86	58,41	29,50	—
Октябрь	83,61	66,58	29,94	10,84	—
Ноябрь	52,06	37,45	13,70	—	—
Декабрь	35,71	21,77	7,84	—	—

Таблица 5

Выработка АИФС электроэнергии при различной ориентации рабочей поверхности $A_{\text{АИФС}}$ в Санкт-Петербурге, кВт · ч

Месяц	Ориентация поверхности				
	Юг	Юго-восток/ юго-запад	Восток/запад	Северо-восток/ северо-запад	Север
Январь	762,06	559,41	154,04	—	—
Февраль	1211,38	904,01	388,72	—	—
Март	1886,58	1585,97	891,46	342,07	—
Апрель	2114,75	1925,53	1535,97	734,60	345,04
Май	1937,43	2126,44	1795,66	1075,04	602,49
Июнь	1648,47	1869,04	1799,39	1335,03	754,58
Июль	1822,07	1905,98	1846,04	1198,73	731,23
Август	1918,43	1941,83	1567,50	853,94	421,12
Сентябрь	1789,99	1631,12	1048,58	529,58	—
Октябрь	1501,02	1195,26	537,40	194,58	—
Ноябрь	934,58	672,24	245,94	—	—
Декабрь	641,06	390,89	140,72	—	—

Примечание. По данным табл. 5 построена диаграмма выработки АИФС электроэнергии в течение года при различных ориентациях рабочей поверхности (рис. 9).

Согласно графику на рис. 9 в климатических условиях Санкт-Петербурга АИФС способна вырабатывать максимальное значение электроэнергии до 2126 кВт · ч в апреле при ориентации на юг и в мае при ориентации на юго-восток/запад. Данная ориентация рабочей поверхности АИФС является оптимальной, в период с февра-

ля по октябрь выработка составляет более 1 МВт в месяц.

Оценка эффективности АИФС при размещении на фасаде 5-этажного жилого дома на 68 квартир была произведена путем сравнения значений энергопотребления и выработки электроэнергии системой. Площадь поверхности фасада здания составляет 1748,4 м² с учетом окон-

Рис. 9. Выработка электроэнергии активной интегрированной фасадной системой, установленной на 100 м² фасада здания

Рис. 10. График выработки электроэнергии АИФС и энергопотребления объекта

ных проемов, при этом наибольшую площадь имеет главный фасад. Расчет выработки электроэнергии производился для различных ориентаций главного фасада по отношению к сторонам света. На рис. 10 представлены графики выработки электроэнергии АИФС, установленной на фасаде здания, и энергопотребления здания.

Анализируя семейство графиков на рис. 10, можно сделать вывод, что с марта по октябрь электрической энергии, вырабатываемой АИФС, достаточно для обеспечения всех потребностей здания. В данный период наблюдается избыток электроэнергии до 15 МВт в месяц. Тем не менее в период с октября по март необходимо восполнить недостаток электроэнергии из городской

сети. Для минимизации затрат предполагается договоренность с представителями городского энергетического обеспечения о безвозмездной передаче электроэнергии в период с марта по октябрь в размере, эквивалентном количеству энергии для восполнения недостатка в зимний период.

Выводы

1. Предлагаемая технология монтажа АИФС значительно сокращает количество рабочих операций за счет конструктивных особенностей элементов системы, трудоемкость монтажа на 100 м² здания составляет 8,78 чел.-дн., при этом требуется небольшое количество оснастки и оборудования.

2. В климатических и географических условиях Санкт-Петербурга АИФС при ориентации рабочей поверхности на юг способна вырабатывать до 18 МВт электроэнергии в год.

Библиографический список

1. Жуков А. Д., Боброва Е. Ю., Карпова А. О. Фасадные системы: Прочность, польза, красота // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 201–209.
2. Афанасьев А. А., Жунин А. А. Инновационная технология возведения навесных вентилируемых фасадов в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2017. № 9 (108). С. 981–989. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-tehnologiya-vozvedeniya-navesnyh-ventiliruemyh-fasadov-v-grazhdanskom-stroitelstve> (дата обращения: 18.05.2018).
3. Сычев С. А., Рочева В. М. Интегрированная фасадная активная панель как элемент ограждающей конструкции автономных зданий // Молодой ученый. 2018. № 17. С. 88–91. URL: <https://moluch.ru/archive/203/49795/> (дата обращения: 18.05.2018).
4. Жуков А. Д. Системы вентилируемых фасадов // Строительство: наука и образование. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-ventiliruemyh-fasadov> (дата обращения: 18.05.2018).
5. Елистратов В. В., Аронова Е. С. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 164 с.
6. Галюжин С. Д., Пускова В. М., Руцкий М. И. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин в строительстве // Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 4 (25). С. 159–166. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-ekspluatatsii-gruzopodemnyh-mashin-v-stroitelstve> (дата обращения: 05.06.2018).
7. Зеленцов Л. Б., Зеленцов А. Л. Ресурсное обеспечение подрядного рынка // Науковедение. 2013. № 5 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursnoe-obespechenie-podryadnogo-rynka> (дата обращения: 05.06.2018).
8. Heinstei P., Ballif C., Perret-Aebi L. Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths // Green. 2013. № 3(2). Pp. 125–56.
9. Бадьин Г. М., Сычёв С. А., Макаридзе Г. Д. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб.: БХВ, 2017. 464 с.
10. Сычёв С. А., Бадьин Г. М. Перспективные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: Лань, 2017. 292 с.
11. Сычёв С. А. Прогнозирование инновационных решений и технологий полносборного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 1 (54). С. 97–102.
12. Elistratov V., Petrov V. Active building-integrated solar systems for independent energy supply of buildings // Journal of Applied Engineering Science. 2014. № 3 (12). Pp. 233–242.
13. Сычёв С. А., Бадьин Г. М. Методика прогнозирования прогрессивной техники и технологии высокоскоростного монтажа модульного строительства // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2015. № 10. С. 22–25.
14. Юдина А. Ф., Сычёв С. А. Рассмотрение модернизации технологий полносборного строительства в магистерской диссертации по теме «Технологии и организация строительства» // Строительство: наука и образование. 2016. № 4. Ст. 4. DOI: 10.22227/2305-5502.2016.4.4.
15. Yang H., Zheng G., Lou C., An D., Burnett J. Grid-connected building-integrated photovoltaics: A Hong Kong case study // Sol. Energy. 2004. № 76. Pp. 55–59.
16. Ковалева А. С. Проектный эксперимент с солнечной энергетикой при разработке 25-этажного жилого комплекса для Крымского района города Севастополь // Строительство: наука и образование. 2016. № 3. Ст. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnyy-eksperiment-s-solnechnoy-energetikoy-pri-razrabotke-25-etazhnogo-zhilogo-kompleksa-dlya-krymskogo-rayona-goroda-sevastopol> (дата обращения: 31.05.2018).
17. Елистратов В. В., Петров В. М. Проектирование фасадно-интегрированной фотоэлектрической системы электроснабжения зданий для южных регионов РФ // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 2 (38). С. 51–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-fasadno-integrirovannoy-fotoelektricheskoy-sistemy-elektrosnabzheniya-zdaniy-dlya-yuzhnyh-regionov-rf> (дата обращения: 25.05.2018).
18. Исмагилов Ф. Р., Саттаров Р. Р., Гайсин Б. М., Гумерова М. Б., Андроников Д. А. Исследование характеристик автономных источников электроэнергии на основе фотоэлектрических модулей в условиях средних широт России // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2015. № 1. С. 52–58. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-harakteristik-avtonomnyh-istochnikov-elektroenergii-na-osnove-fotoelektricheskikh-moduley-v-usloviyah-srednih-shirot> (дата обращения: 02.06.2018).
19. Дубинин Д. В., Лавский В. Е. Энергетическая эффективность работы солнечных батарей в реальных режимах эксплуатации // Известия ТПУ. 2015. № 3. С. 58–62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-effektivnost-raboty-solnechnykh-batarey-v-realnyh-rezhimah-ekspluatatsii> (дата обращения: 02.05.2018).

References

1. Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Karpova A. O. *Fasadnye sistemy: Prochnost', pol'za, krasota* [Facade systems: durability, usefulness, beauty]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MGSU*, 2015, no. 10, pp. 201–209.
2. Afanas'ev A. A., Zhunin A. A. *Innovatsionnaya tekhnologiya vozvedeniya navesnykh ventiliruemyykh fasadov v grazhdanskom stroitel'stve* [Innovative technology of installing curtain wall ventilated facades in civil engineering]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MGSU*, 2017, no. 9 (108), pp. 981–989. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-tehnologiya-vozvedeniya-navesnykh-ventiliruemyykh-fasadov-v-grazhdanskom-stroitel'stve> (accessed: 18.05.2018).
3. Sychev S. A., Rocheva V. M. *Integrirovannaya fasadnaya aktivnaya panel' kak ehlement ograzhdayushchey konstruksii avtonomnykh zdaniy* [Integrated facade active panel as an element of the enclosing structure of autonomous buildings]. *Molodoy uchenyy – Young scientist*, 2018, no. 17, pp. 88–91. Available at: <https://moluch.ru/archive/203/49795/> (accessed: 18.05.2018).
4. Zhukov A. D. *Sistemy ventiliruemyykh fasadov* [Systems of ventilated facades]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie – Construction: science and education*, 2012, no. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-ventiliruemyykh-fasadov> (accessed: 18.05.2018).
5. Elistratov V. V., Aronova E. S. *Solnechnye ehnergoustanovki. Otsenka postupleniya solnechnogo izlucheniya* [Solar installations. Assessment of the solar radiation intensity]. St. Petersburg, Politekh. un-t Publ., 2012, 164 p.
6. Galyuzhin S. D., Puskova V. M., Rutskiy M. I. *Bezopasnost' ehkspluatatsii gruzopod'emnykh mashin v stroitel'stve* [Safety of lifting machines operation in construction]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta – Bulletin of the Belarusian-Russian University*, 2009, no. 4 (25), pp. 159–166. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-ekspluatatsii-gruzopodemnykh-mashin-v-stroitel'stve> (accessed: 05.06.2018).
7. Zelentsov L. B., Zelentsov A. L. *Resursnoe obespechenie podryadnogo rynka* [Resource support of the contract market]. *Naukovedenie – Sociology of science*, 2013, no. 5 (18). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursnoe-obespechenie-podryadnogo-rynka> (accessed: 05.06.2018).
8. Heinsteins P., Ballif C., Perret-Aebi L. Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths. *Green.*, 2013, no. 3(2), pp. 125–56.
9. Bad'in G. M., Sychyov S. A., Makaridze G. D. *Tekhnologii stroitel'stva i rekonstruksii ehnergoehfektivnykh zdaniy* [Technologies of construction and reconstruction of energy-efficient buildings]. St. Petersburg, BKhV Publ., 2017, 464 p.
10. Sychyov S. A., Bad'in G. M. *Perspektivnye tekhnologii stroitel'stva i rekonstruksii zdaniy* [Perspective technologies of construction and reconstruction of energy-efficient buildings]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2017, 292 p.
11. Sychyov S. A. *Prognozirovanie innovatsionnykh resheniy i tekhnologiy polnosbornogo stroitel'stva* [Forecasting of innovative solutions and technologies of prefabrication construction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 1 (54), pp. 97–102.
12. Elistratov V., Petrov V. Active building-integrated solar systems for independent energy supply of buildings. *Journal of Applied Engineering Science*, 2014, no. 3 (12), pp. 233–242.
13. Sychyov S. A., Bad'in G. M. *Metodika prognozirovaniya progressivnoy tekhniki i tekhnologii vysokoskorostnogo montazha modul'nogo stroitel'stva* [Methods of forecasting the progressive equipment and technology of high-speed installation of modular construction]. *Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve – Installation and special works in construction*, 2015, no. 10, pp. 22–25.
14. Yudina A. F., Sychyov S. A. *Rassmotrenie modernizatsii tekhnologiy polnosbornogo stroitel'stva v masterskoy dissertatsii po teme «Tekhnologii i organizatsiya stroitel'stva»* [Study of modernization of technologies in prefabricated construction of the master's thesis on the theme “Construction organization technologies”]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie – Construction: science and education*, 2016, no. 4, art. 4.
15. Yang H., Zheng G., Lou C., An D., Burnett J. Grid-connected building-integrated photovoltaics: A Hong Kong case study. *Sol. Energy*, 2004, no. 76, pp. 55–59.
16. Kovaleva A. S. *Proektnyy ehksperiment s solnechnoy ehnergetikoy pri razrabotke 25-ehnazhnogo zhilogo kompleksa dlya Krymskogo rayona goroda Sevastopol'* [Project experiment with solar energy in the development of a 25-storey residential complex for the Crimean district of Sevastopol]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie – Construction: science and education*, 2016, no. 3, art. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnyy-eksperiment-s-solnechnoy-energetikoy-pri-razrabotke-25-etazhnogo-zhilogo-kompleksa-dlya-krymskogo-rayona-goroda-sevastopol> (accessed: 31.05.2018).
17. Elistratov V. V., Petrov V. M. *Proektirovanie fasadno-integrirovannoy fotoehlektricheskoy sistemy ehlektrosnabzheniya zdaniy dlya yuzhnykh regionov RF* [Design of facade-integrated photovoltaic system of power supply of buildings for the southern regions of the Russian Federation]. *Vestnik agrarnoy nauki Dona – Bulletin of agricultural science of the Don*, 2017,

no. 2 (38), pp. 51–59. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-fasadno-integrirovannoy-fotoelektricheskoy-sistemy-elektrosnabzheniya-zdaniy-dlya-yuzhnyh-regionov-rf> (accessed: 25.05.2018).

18. Ismagilov F. R., et al. *Issledovanie kharakteristik avtonomnykh istochnikov ehlektroehnergii na osnove fotoelektricheskikh moduley v usloviyakh srednikh shirot Rossii* [Study of the characteristics of autonomous power sources based on photovoltaic modules in the middle latitudes of Russia]. *Ehlektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy – Electrical and information complexes and systems*, 2015, no. 1, pp. 52–58. Available at: <https://>

cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-harakteristik-avtonomnykh-istochnikov-elektroenergii-na-osnove-fotoelektricheskikh-moduley-v-usloviyakh-srednih-shirot (accessed: 02.06.2018).

19. Dubinin D. V., Laevskiy V. E. *Ehnergeticheskaya ehffektivnost' raboty solnechnykh batarey v real'nykh rezhimakh ehkspluatatsii* [Energy efficiency of solar panels in real mode of operation]. *Izvestiya TPU – Bulletin of TPU*, 2015, no. 3, pp. 58–62. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-effektivnost-raboty-solnechnykh-batarey-v-realnykh-rezhimakh-ekspluatatsii> (accessed: 02.05.2018).