

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: sergea.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: sergea.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.

### Введение

Объектом настоящего исследования являются организационно-технологические аспекты энергосбережения на эксплуатируемых административно-торговых зданиях. Цель исследования – оценить энергоэффективность применения сетевых солнечных электростанций (СЭС) на указанных зданиях в климатических условиях Юга России. В работе поставлены следующие задачи:

- выделить этапы проектирования СЭС с адаптацией к особенностям эксплуатируемых административно-торговых зданий;
- представить прогнозные и фактические объемы выработки электроэнергии, сформулировать и определить удельные показатели энергоэффективности.

Научная новизна обусловлена обобщенным целостным представлением этапов проектирования СЭС для выделенной группы зданий и введением новых удельных показателей энергоэффективности.

Проблема повышения энергоэффективности зданий носит многоаспектный характер. В работе [1] показано, что существенного сокращения теплотеря можно добиться за счет выбора определенных форм здания и уменьшения изрезанности фасадов. Обосновывается актуальность применения тепловых насосов для гражданских строений [2]. Однако в России тепловые насосы пока используются ограниченно, в основном для отопления помещений площадью не более 200 м<sup>2</sup> [3].

Наибольший рост возобновляемых источников энергии в последние годы происходит в области солнечной энергетики. Использование солнечных электростанций способствует сбережению традиционных видов энергоресурсов и улучшению экологии [4]. Для объектов, находящихся в местах, удаленных от центральных электросетей, таких как фермерские хозяйства, базы отдыха, хорошо зарекомендовали себя автономные солнечные электростанции [5]. Однако их применение требует использования дорогостоящих накопительных элементов – аккумуляторов. Сетевая СЭС генерирует электроэнергию от солнечных модулей и может частично или полностью замещать электроснабжение из внешней сети [6], при этом применение дорогостоящих аккумуляторов не требуется.

Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что проблема проектирования и внедрения сетевых СЭС для уже эксплуатируемых административно-торговых зданий пока еще не имеет целостного решения.

Сетевые электростанции могут использоваться в бизнес-центрах, на производствах и других объектах городской и областной инфраструктуры. На таких объектах потребление электроэнергии происходит, в основном в дневное время, когда солнечные модули обеспечивают генерацию электроэнергии. Сетевые СЭС позволяют не только экономить энергию, но и зарабатывать на ее продаже. В

2019 году Госдума своим решением упростила процедуру размещения сетевых СЭС и разрешила их владельцам продавать излишки вырабатываемой электроэнергии на розничном рынке.

*Этапы проектирования сетевых СЭС для эксплуатируемых административно-торговых зданий*

В настоящей работе предлагается выделение ряда этапов проектирования сетевой СЭС для уже эксплуатирующихся объектов городской и областной инфраструктуры.

*Первый этап – сведения о назначении объекта, определение его объемно-планировочных показателей*

В данной статье в качестве примера, для которого проектируется сетевая СЭС, рассматривается объект производственного назначения – административно-торговое здание в Кировском районе г. Астрахани. Разрешенная к использованию мощность энергопринимающих устройств составляет 130,0 кВт.

Солнечные модули планируется разместить на кровле здания. План и размеры кровли представлены на рисунке 1. Угол наклона составляет 7°. Солнечные модули будут крепиться к крыше с помощью рам из металлического профиля. С учетом приведенных на рисунке 1 геометрических параметров и угла наклона кровли получено:

- полезная площадь восточной части крыши –  $S_{\text{пол вост}} = 252,32 \text{ м}^2$ ;
- западной части –  $S_{\text{пол зап}} = 214,01 \text{ м}^2$ ;
- всего полезная площадь крыши –  $S_{\text{пол}} = 466,33 \text{ м}^2$ .

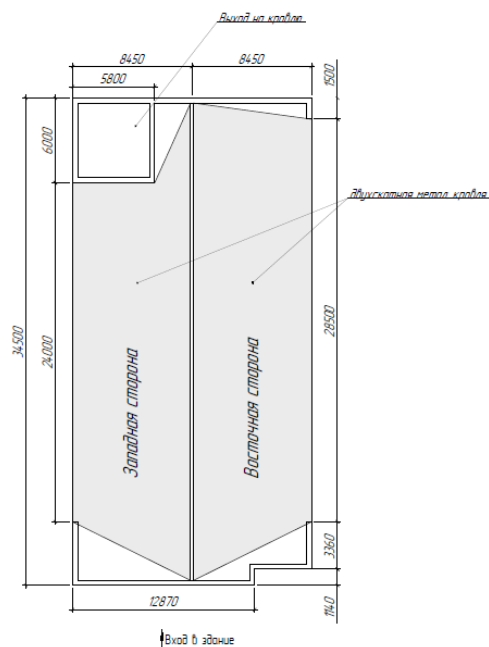


Рис. 1. План кровли здания (вид сверху)

*Второй этап – определение электрических нагрузок для подключения к сетевой СЭС*

Поскольку сетевая СЭС предназначена для частичного замещения электроснабжения, то при

проектировании следует выделить группу подключаемых к ней электропотребителей. В настоящем проекте в качестве такой группы рассматриваются потребители офисных и торговых помещений, относящиеся к III категории надежности электроснабжения. При формировании нагрузки также исключены электродвигатели, поскольку при их включении возникают большие пусковые токи, которые могут превышать предельно допустимый ток сетевого инвертора.

*Третий этап – подбор и размещение солнечных модулей*

Основными элементами СЭС являются солнечные (фотоэлектрические) модули (ФЭМ). Их производство стремительно развивается и, соответственно, номенклатура непрерывно расширяется. В нашем проекте выбран солнечный модуль марки Sunways FSM 400M TP (Twin power) [7, 8]. Это новое поколение модулей, выполненных по передовой технологии Half cell PERC [9]. По сравнению со стандартными Half cell модули более эффективны, имеют большую выработку и лучше работают в условиях частичного затенения. Технические характеристики солнечного модуля марки Sunways FSM 400M TP приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Характеристики солнечного модуля Sunways FSM 400M TP

Параметр	Значение
Тип солнечных элементов	монокристалл
Номинальная мощность, Вт	400 (0 ~ +6 Вт)
Напряжение при пиковой мощности ( $V_{mp}$ ), В	41,2
Ток при пиковой мощности ( $I_{mp}$ ), А	9,71
Напряжение холостого хода ( $V_{oc}$ ), В	49,0
Ток короткого замыкания ( $I_{sc}$ ), А	10,21
Максимальное напряжение в системе (VDC), В	1000
Размер (Д × Ш × Г), мм	1980 × 1000 × 40

Количество солнечных модулей, размещаемых на кровле здания, определяется полезной площадью кровли и габаритами модулей. При этом необходимо учитывать, что в процессе эксплуатации солнечные модули нагреваются, а отсутствие условий для их охлаждения (в нашем случае речь идет о циркуляции воздуха между крышей и тыльной стороной модулей) приводит к снижению генерирующей способности. Для рассматриваемого здания принятое количество солнечных модулей на кровле  $n = 180$ .

Общая мощность СЭС составляет:

$$P_{СЭС} = \frac{n \cdot P_{СМ}}{1000}, \quad (1)$$

где  $P_{СЭС}$  – мощность сетевой СЭС, кВт;  $P_{СМ}$  – мощность солнечного модуля, Вт.

$$P_{СЭС} = \frac{180 \times 400}{1000} = 72,0 \text{ (кВт)}.$$

*Четвертый этап – подбор сетевого инвертора*

Инвертор – это преобразователь постоянного напряжения (постоянного тока) DC от аккумуляторных батарей, солнечных панелей в переменное напряжение AC, с возможностью синхронизации

выходного напряжения со стационарной электросетью. Исходя из мощности СЭС, нами произведен подбор сетевого инвертора SOFAR 80000TL мощностью 80 кВт. Это современный и высокоэффективный трехфазный инвертор с десятью MPPT контроллерами [10]. Его технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2  
Технические характеристики сетевого инвертора

Общие параметры	
Модель	SOFAR 80000TL 3-фазы
Тип устройства	бестрансформаторный
Мощность	80 кВт
Вход (Постоянное напряжение)	
Максимальная мощность DC	130 кВт
Максимальное входное напряжение	1100 В постоянного тока
Минимальное (стартовое) напряжение	250 В постоянного тока
Номинальное напряжение постоянного тока	600 В постоянного тока
Диапазон напряжений MPPT	200 В ~ 1000 В
Диапазон напряжений MPPT при полной нагрузке	530 В ~ 800 В
Число контроллеров MPPT слежения	10
Число входов DC (для каждого MPPT)	2
Максимальный ток (для каждого MPPT контроллера)	26 А

Необходимое количество инверторов:

$$n_{инв.} = \frac{P_{СЭС}}{P_{инв.}} = \frac{72,0}{80,0} = 0,9 \approx 1 \text{ (шт.)}.$$

Из технических характеристик известно, что инвертор SOFAR 80000TL имеет десять контроллеров MPPT слежения. Количество фотоэлектрических модулей в ряду (последовательно):

$$P(V)_{ряд} = \frac{U_{DC.max.}}{U_{oc}}, \text{ (шт.)}, \quad (2)$$

где  $U_{DC.max.}$  – максимальное входное напряжение системы DC, В;  $U_{oc}$  – напряжение на модуле при холостом ходе, В.

Количество солнечных модулей Sunways FSM 400M TP, которое можно подключить последовательно к контроллеру MPPT:

$$P(V)_{ряд} = \frac{U_{DC.max.}}{U_{oc}} = \frac{1100}{49,0} = 22,448 \approx 22 \text{ (шт.)}.$$

Количество модулей в ряду (параллельно):

$$P(I)_{ряд} = \frac{I_{MPPT}}{I_{sc}}, \quad (3)$$



где  $I_{MPPT}$  – максимальный входной ток контроллера MPPT, А;  $I_{sc}$  – ток короткого замыкания модуля, А.

$$P(I)_{ряд} = \frac{I_{MPPT}}{I_{sc}} = \frac{26/2}{10,21} = 1,27 \approx 1 \text{ (шт.)},$$

Количество присоединений к инвертору SOFAR 80000TL через MPPT контроллеры, принятое для нашего объекта, представлено в таблице 3.

Таблица 3

Сведения о количестве присоединений ФЭМ к сетевому инвертору

Номер контроллера	Участок кровли	Кол-во модулей в ряду, $P(V)_{ряд}$ шт.	Количество рядов $P(I)_{ряд}$ шт.	Максимальное напряжение в цепи DC, В	Максимальный ток в цепи DC, А	Установленная мощность цепи DC, кВт
MPPT 1	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 2	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 3	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 4	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 5	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 6	восточный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 7	западный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 8	западный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 9	западный	18	1	882	10,21	7,2
MPPT 10	западный	18	1	882	10,21	7,2

*Пятый этап – подбор контроллера ограничения излишков энергии*

В последние годы в Европе постепенно ужесточаются требования к СЭС на крышах домов. Прошли времена, когда за отданную в сеть от солнечных батарей электроэнергию платили по цене, превышающей розничную – для потребителей. Более того, увеличение мощности СЭС, подключенных к сети, начало создавать проблемы при их регулировании. Поэтому стали вводить ограничения на отдачу электроэнергии в сеть. Определенная доля (обычно около 70 %) от общей выработки должна быть потреблена на месте.

Ведущие производители сетевых фотоэлектрических инверторов разработали устройства, позволяющие снижать выработку энергии солнечными батареями, если их генерация в данный момент превышает нагрузку. У вышеупомянутого производителя SofarSolar модели мощностью до 5 кВт имеют встроенную функцию уменьшения выработки по данным внешнего датчика тока. Для моделей выше 5 кВт и всех трехфазных моделей требуется отдельный блок делимитера.

Контроллеры ARPC для сетевых трехфазных инверторов Sofar серий KTL и TL имеют возможность отключения или ограничения лишней выработки при отсутствии нагрузки. В комплекте с контроллером идут три внешних датчика, которые «улавливают» излишки энергии.

*Шестой этап – подбор двунаправленного счетчика электроэнергии*

Большинство счетчиков электроэнергии, применяемых в Российской Федерации, являются однонаправленными. В лучшем случае они просто не учитывают обратный ток, но большинство из них прибавляет отданную в сеть

электроэнергию к потребленной. Это приводит к тому, что владелец сетевой СЭС за отдачу излишков электроэнергии в сеть обязан еще и заплатить за это электрическим сетям. При подключении СЭС в рамках закона о микрогенерации, электросети теперь обязаны установить двунаправленный счетчик, который будет учитывать с разными знаками энергию, поступающую из сети и отданную в сеть. Проведенный анализ показал, что имеется достаточное количество двунаправленных счетчиков электроэнергии, разрешенных к применению в российских электросетях: CE301-R33, CE301-S31, CE302 S33 503-JY, Матрица 7-й серии, Матрица NP73, Меркурий 230 ART2, Меркурий 233 ART2, ПСЧ-ЗТМ.05М, ПСЧ-ЗТМ.05М.01, ПСЧ-4ТМ.05Д.01, ПСЧ-4ТМ.05Д.05, МАЯК 302АРТ. В качестве прибора учета электроэнергии проектируемой сетевой СЭС был выбран трехфазный двунаправленный счетчик марки ПСЧ-4ТМ.05МК [11].

*Седьмой этап – прогноз выработки электроэнергии сетевой СЭС*

На сегодняшний день определение выработки электроэнергии СЭС осуществляют с использованием специализированных программ и сервисов. В нашем проекте прогнозируем выработку сетевой СЭС с помощью программы «Фотоэлектрическая географическая информационная система PVGIS» [12]. Исходные данные для расчета представлены в таблицах 4, 5. Результаты показаны на рисунке 2. Годовая выработка составила 76676 кВт · ч.

Таблица 4  
Исходные данные для расчета выработки (восточная сторона)

Параметр	Значение
Тип ФЭС	сетевая фотоэлектрическая
Координаты объекта	46,34°; 48,02°
Расположение объекта	Астраханская обл, г. Астрахань
База данных	PVGIS-SARA
Технология изготовления модуля	кристаллические кремниевые элементы
Установленная мощность	43,2 кВт
Монтажное исполнение	«добавлена крыша / встроена в здание»
Угол наклона (уклона)	7°
Угол ориентации (азимут)	-104°

**Примечание.** Угол ориентации, или азимут, представляет собой угол фотоэлектрических модулей относительно направления строго на юг: -90° – восток, 0° – юг, +90° – запад.

Таблица 5  
Исходные данные для расчета выработки (западная сторона)

Параметр	Значение
Тип ФЭ	сетевая фотоэлектрическая
Координаты объекта	46,34°; 48,02°
Расположение объекта:	Астраханская обл, г. Астрахань
База данных	PVGIS-SARA
Технология изготовления модуля	кристаллические кремниевые элементы
Установленная мощность	28,8 кВт
Монтажное исполнение	«добавлена крыша / встроена в здание»
Угол наклона (уклона)	7°
Угол ориентации (азимут)	76°

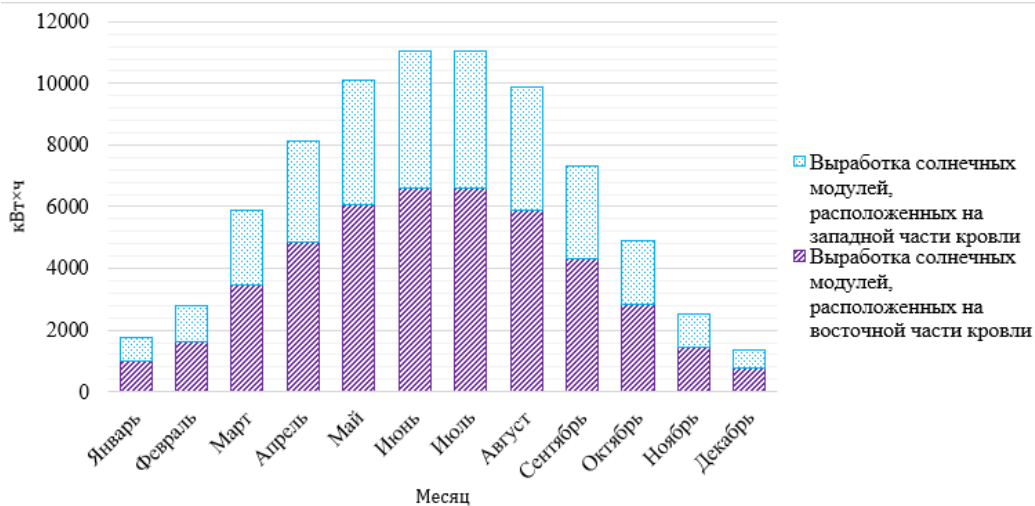


Рис. 2. График месячной выработки сетевой солнечной электростанции (восточная и западная стороны)

Восьмой этап – прогноз срока окупаемости сетевой СЭС

Федеральный закон от 27.12.2019 года № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" в части развития микрогенерации» [13] позволяет объектам микрогенерации продавать излишков электроэнергии в общую сеть.

Расчетные значения выработки электроэнергии спроектированной сетевой СЭС с учетом времени года занесены в таблицу 6. При определении средней продолжительности светового дня учтены географические координаты месторасположения сетевой солнечной электростанции [14].

Таблица 6

Выработка электроэнергии сетевой СЭС

Месяц	Количество календарных дней	Средняя продолжительность светового дня, ч : мин.	Выработка СЭС, кВт·ч		
			помесячная	посуточная	почасовая
Январь	31	9:06	1762,2	56,22048	6,24672
Февраль	28	10:22	2782,3	99,04834	9,58532
Март	31	11:57	5878,8	188,05177	15,86934
Апрель	30	13:36	8127,4	269,91732	19,92009
Май	31	15:01	10100,4	324,73449	21,69718
Июнь	30	15:44	11049,7	369,10367	23,41038
Июль	31	15:21	11059,3	359,07572	23,24114
Август	31	14:06	9861,6	320,74829	22,56142
Сентябрь	30	12:31	7323,5	245,74194	19,50332
Октябрь	31	10:53	4886,9	159,0904	14,48471
Ноябрь	30	9:25	2505,6	83,81564	8,86938
Декабрь	31	8:40	1338,3	42,9219	4,98126

Для определения срока окупаемости СЭС необходимо также рассчитать потребление электроэнергии оборудованием объекта с учетом рабочего графика. Стоимость спроектированной сетевой СЭС составила 3460523 руб. Экономия денежных средств, достигаемая за счет сокращения потребления электроэнергии от сети, отражена на рисунке 3.

Согласно рисунку 3, срок окупаемости сетевой СЭС составит 8 лет 4 месяца при выдаче излишков

электроэнергии в сеть; 14 лет 10 месяцев – без выдачи излишков электроэнергии в сеть. При этом, по состоянию на 2021 год, тариф, по которому производится продажа электроэнергии в сеть, составляет 3 руб./ кВт·ч, а тариф, по которому проходит оплата электроэнергии, полученной из сети, – 5,19 руб./ кВт·ч. Предполагалось ежегодное изменение тарифа на 3,56 %.



Рис. 3. График окупаемости сетевой солнечной электростанции с учетом / без учета выдачи излишков электроэнергии в сеть

Срок окупаемости окажется меньше в полтора – два раза, поскольку в приведенном расчете был занижен тариф на электроэнергию и не учитывалось электропотребление в выходные и праздничные дни.

Фактические объемы энергосбережения на эксплуатируемых административно-торговых зданиях Астраханской области за счет использования сетевых СЭС

При непосредственном участии авторов данной статьи на ряде административно-торговых

зданий Астраханской области установлены и эксплуатируются сетевые СЭС разной мощности, от 5 до 150 кВт. В работе [15] изложены положительные результаты натурного испытания сетевой СЭС торгово-офисного здания в климатических условиях нашего региона. В таблице 7 приведены объемы годовой выработки электроэнергии. Рассмотрены данные за период с октября 2021 года по сентябрь 2022 года.

Таблица 7

**Выработка электроэнергии за период с октябрь 2021 года по сентябрь 2022 года**

Расположение	Характеристики СЭС	Выработка кВт·ч/год	К <sub>годуд</sub> кВт·ч/год / на кВт установленной мощности	К <sub>сутуд</sub> кВт·ч/день / на кВт установленной мощности
г. Астрахань, ул. Трофимова	45 панелей, инвертор 15 кВт	17186,6	1145,77333	3,1391
г. Нариманов	20 панелей, инвертор 6 кВт	7216,9	1202,81667	3,2954
г. Астрахань, ул. Савушкина	30 панелей, инвертор 10 кВт	12786,2	1278,62	3,5031
г. Астрахань, п. Солянка	30 панелей, инвертор 10 кВт	13349,3	1334,93	3,6573
г. Астрахань, п. Солянка	20 панелей, инвертор 5 кВт	5062,43	1012,486	2,7739
с. Красный Яр	272 панели, 3 инвертора по 50 кВт	158142,3	1054,282	2,8884
г. Астрахань, ул. Кирова	102 панели, инвертор 50 кВт	53081,36	1061,6272	2,9086
г. Астрахань, ул. Савушкина	52 панели, инвертор 20 кВт	22519,08	1125,954	3,0848
Среднее			1152	3,156

Следует отметить, что приведенные в таблице 8 сетевые СЭС, реализованы на различной элементной базе с применением солнечных модулей разных типов и мощности. Кроме того,

поскольку речь идет об уже эксплуатируемых зданиях, то и размещение солнечных модулей относительно сторон света (юг, восток, запад) было различным. Полученные данные отражают

годовые объемы энергосбережения, достигнутые с применением сетевых СЭС. Они свидетельствуют об ощутимом повышении энергоэффективности строений.

В настоящей работе впервые введены следующие удельные показатели энергоэффективности:

- $K_{\text{год. уд.}}$  – годовая выработка электроэнергии (кВт · ч), приходящаяся на 1 кВт установленной мощности СЭС;
- $K_{\text{сут. уд.}}$  – среднесуточная выработка электроэнергии (кВт · ч), приходящаяся на 1 кВт установленной мощности СЭС.

Из анализа таблицы 7 следует, что удельные показатели энергоэффективности различных СЭС близки друг другу, практически совпадают, что подтверждает их универсальность.

Опираясь на полученные в настоящем исследовании средние значения удельных показателей  $K_{\text{год. уд.}} = 1152$  и  $K_{\text{сут. уд.}} = 3,156$ , можно дать предварительный прогноз и оценить целесообразность проектирования СЭС для того или иного здания в Астраханской области.

Определение удельных показателей для других регионов потребует проведения отдельных исследований.

#### Заключение

1. Показана целесообразность применения сетевых СЭС для административно-торговых зданий, потребление электроэнергии в которых происходит в основном в дневное время, когда солнечные модули обеспечивают генерацию электроэнергии.
2. Показаны особенности проектирования сетевых СЭС для эксплуатируемых административно-торговых зданий, предложено целостное

решение с выделением восьми основных этапов, начиная с изучения архитектурно-строительных и объемно-планировочных показателей объекта и заканчивая прогнозом срока окупаемости.

3. Представлена разработка проекта сетевой СЭС мощностью 72 кВт для административно-торгового здания в г. Астрахани. Годовая выработка электроэнергии – 76676 кВт·ч. Стоимость СЭС составила 3460523 руб. Прогнозный срок окупаемости сетевой СЭС без продажи излишков электроэнергии в общую сеть – 14 лет 10 месяцев; с учетом продажи излишков электроэнергии в общую сеть – 8 лет 4 месяца.

4. Разработаны и внедрены сетевые СЭС для ряда эксплуатируемых административно-торговых зданий Астраханской области. Проведена оценка объемов энергосбережения за счет использования сетевых СЭС.

5. Предложено ввести следующие удельные показатели энергоэффективности:

- $K_{\text{год. уд.}}$  – годовая выработка электроэнергии (кВт\*ч), приходящаяся на 1 кВт установленной мощности СЭС;
- $K_{\text{сут. уд.}}$  – среднесуточная выработка электроэнергии (кВт\*ч), приходящаяся на 1 кВт установленной мощности СЭС.

6. Получены средние значения удельных показателей энергоэффективности СЭС для Астраханской области:  $K_{\text{год. уд.}} = 1152$  и  $K_{\text{сут. уд.}} = 3,156$ , на основе которых можно проводить предпроектную оценку целесообразности внедрения сетевой СЭС для того или иного здания в нашем регионе.

#### Список литературы

1. Рубцова М. В. Учет влияния формы здания на его энергоэффективность / М. В. Рубцова, Э. Е. Семенова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 2 (36). – С. 10–15.
2. Семенова Э. Е. Использование тепловых насосов для повышения энергоэффективности гражданских зданий / Э. Е. Семенова, Т. В. Богатова, А. В. Исанова, М. В. Рубцова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1 (39). – С. 29–32.
3. Логинова С. А. Оценка перспектив применения теплонасосных систем теплоснабжения жилых зданий / С. А. Логинова, А. А. Тимошин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 4 (42). – С. 22–26.
4. Юдаев И. В. Солнечная электроэнергетика Юга России: имеющийся потенциал, эксплуатируемые объекты, перспективы развития / И. В. Юдаев, Ю. Даус // Альтернативная энергетика в регионах России: материалы молодежной научной конференции «АЭР-2018» (г. Астрахань, 5–7 декабря 2018 г.). – Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 2018. – С. 45–49.
5. Зайнутдинов Р. А. Трехэтапная модель внедрения систем с возобновляемыми источниками энергии в муниципальных образованиях региона (на примере Астраханской области) / Р. А. Зайнутдинов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 4 (40). – С. 125–135.
6. Зайнутдинова Л. Х. Структура и классификация фотоэлектрических систем / Л. Х. Зайнутдинова, Р. А. Зайнутдинов // Новая наука: стратегии и вектор развития: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (19 ноября 2015 г., г. Стерлитамак): в 2 ч. – Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2015. – Ч. 2. – С. 132–135.
7. 400 Вт FSM-400M TP, моно // Интернет-магазин «Ваш Солнечный Дом». – Режим доступа: <https://shop.solarhome.ru/fsm-400m-half-cell-mono-perc.html/> (дата обращения: 19.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Солнечная панель Sunways FSM 400M TP // ООО «Солнечный Бриз». – Режим доступа: <https://solarbreeze.ru/product/sunways-fsm-400m-tr/> (дата обращения: 19.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.



9. Каргиев В. М. Новейшие технологии солнечных элементов и модулей / В. М. Каргиев // Ваш Солнечный Дом. – Режим доступа: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/modern-solar-cells.htm> (дата обращения: 19.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Сетевые инверторы // ООО «СВАРОГ». – Режим доступа: <https://sv-synergy.ru/magazin/product/setevoj-solnechnyj-invertor-sofar-80000tl> (дата обращения: 20.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. ПСЧ-4ТМ.05М // indClimat.ru. – Режим доступа: <https://indclimat.ru/psch-4tm-05m-yarmarka/> (дата обращения: 22.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Photovoltaic geographical information system. – Режим доступа: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) (дата обращения: 22.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. О внесении изменений в Федеральный Закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации : федеральный закон № 471-ФЗ от 27.12.2019. – Принят Государственной Думой 11.12.2019 г. ; одобрен Советом Федерации 23.12.2019 г. // КонсультантПлюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_341801/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341801/), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Время восхода и захода солнца в Астрахани // Астрахань. – Режим доступа: <https://voshod-solnca.ru/sun> (дата обращения: 30.05.2022 г.), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
15. Zaynutdinov R. A. Performance Evaluation of On-Grid Solar Power Stations in a Office Building in the Climatic Conditions of Astrakhan Region / R. A. Zaynutdinov, L. Kh. Zaynutdinova, V. G. Ilichev // Proceedings ICOECS 2019 : International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems, Ufa, October 22–25 2019. – Ufa : Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – Pp. 535–538.

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

**Ссылка для цитирования:**

Зайнутдинова Л. Х., Зайнутдинов Р. А., Лиманский С. А., Полонский Д. Г. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых административно-торговых зданий путем использования сетевых солнечных электростанций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 11–18.

УДК 624.042.8

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-18-24

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА:  
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ТОРГОВОМ РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ**

**К. О. Чичиров, И. Н. Гарькин, Д. П. Боровков, В. А. Леонтьев**

**Чичиров Константин Олегович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Российская Федерация; e-mail: olegovich.79@mail.ru;

**Гарькин Игорь Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях», Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); e-mail: igor\_garkin@mail.ru;

**Боровков Дмитрий Павлович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: frigate@yandex.ru;

**Леонтьев Виктор Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза, Российская Федерация; e-mail: olegovich.79@mail.ru

В статье приведено описание проблемы снижения эффективности работы вентиляционных систем крупных торгово-развлекательных комплексов, наблюдаемое при продолжительной эксплуатации, а также определение технического состояния этих систем и фактических параметров воздухообмена, теплового режима обслуживаемых ими помещений. На реальном примере рассматривается проведение технической экспертизы для исследования работы системы вентиляции торгово-развлекательного центра. В ходе анализа выявлено, что вопреки проектной документации в здании наблюдается отрицательный воздушный баланс. Выявлены причины несоответствия фактической производительности вентиляционных установок их проектным характеристикам. Даны рекомендации по приведению работы установок в штатный режим, а воздушного баланса здания к проектным значениям.

**Ключевые слова:** надежность работы вентиляционных систем, техническая экспертиза, вентиляция, воздушный баланс, эксплуатация, калориферы, фильтры.