

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРЫШНОЙ ФОТОВОЛЬТАИКИ на примере Москвы для адаптации энергетических систем к изменению климата

Исполнительный директор проекта “Земля касается каждого” **В.А. ЧУПРОВ**
(Ассоциация “Охрана природы”)

Крышные солнечные электростанции – технология, положительно зарекомендовавшая себя в самых разных странах мира. В России это направление развития солнечной энергетики пока не раскрыло свой потенциал, но оно крайне перспективно для достижения целей низкоуглеродной стратегии Российской Федерации и развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Для оценки потенциала крышной фотовольтаики в 2023 г. проектом “Земля касается каждого” в соавторстве с Центром охраны дикой природы был опубликован обзор о возможностях этой технологии для адаптации энергетических систем к волнам жары¹. Представленный обзор может стать одной из отправных точек дискуссии о новых технологических нишах для ВИЭ в энергосистеме страны.

1. Климатические вызовы для энергетической системы

1.1. Рост экстремально высоких температур и продолжительности волн жары вследствие изменения климата

Согласно выводам Третьего оценочного доклада Росгидромета и вы-

водам Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН, сделанным в 2021 г., при всех рассмотренных сценариях глобальная приземная температура будет продолжаться повышаться по крайней мере до середины текущего столетия². Частота экстремально высоких температур при этом будет увеличиваться.

¹ Автор благодарит независимого аналитика в области климата и энергоперехода Владимира Асикритова; президента Совета по экологическому строительству Дмитрия Березуцкого; Анастасию Бызову; доктора технических наук, профессора НИУ “МЭИ” Евгения Гашо; технического директора SolarProfit Николая Дригу; Елизавету Кадетову; Дмитрия Коняева, компания “Умная энергия”; кандидата экономических наук, независимого эксперта в области экономики ВИЭ Татьяну Ланьшину; Михаила Молчанова; Николая Попова; Елену Сакирко; Екатерину Черничкину; Игоря Шкрадюка; Василия Яблокова; Татьяну Яцюк за неоценимый вклад в подготовку этого обзора.

² Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // IPCC. 2021. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896

Исследование, которое приводится в Третьем оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях показывает, что на территории Российской Федерации, в Москве, наблюдался устойчивый рост температуры: на 0.04 °С/год в 1954–2013 гг. и на 0.07 °С/год в 1976–2012 гг.³

При этом в Центральном федеральном округе РФ ожидается значительное увеличение числа жарких дней и такого показателя, как дефицит холода – индекса энергопотребления в летний сезон, свидетельствующего о перегреве зданий и ухудшении комфортности жилища при отсутствии кондиционирования. По прогнозу увеличение дефицита холода в Москве в 2050–2059 гг. по отношению к 1990–1999 гг. составляет 120–180 °С/сут.

1.2. Рост пиковой потребляемой мощности вследствие изменения климата во время волн жары

Повышение температуры воздуха во многих регионах России приводит к ускорению роста летних максимумов нагрузки на энергосистемы. Эта тенденция в первую очередь связана с увеличением потребления электроэнергии для вентиляции и кондиционирования.

В последние годы энергосистемы многих регионов Российской Федерации испытывают дополнительные нагрузки, связанные с продолжительностью волн жары. Так, в аномально жарком августе 2021 г. наблюдалось перепотребление газа в электроэнергетике из-за повышенного спроса для кондициониро-

вания зданий, что могло привести к ограничениям по поставке газа в согласованных лимитах. Летние максимумы потребления мощности наблюдались в шести объединённых и 44 региональных энергосистемах⁴.

Динамика роста пикового потребления показывает, что летний пик потребления в Москве и Московской области в 2021 г. составил 13.79 ГВт⁵, что на 0.736 ГВт выше предыдущего рекорда 2019 г. В соответствии с пояснением представителей Системного оператора, на рост показателя повлияло увеличение потребления мощности на вентиляцию и кондиционирование⁶. По оценке экспертов, в Московской энергосистеме заметно формирование локального летнего максимума потребляемой мощности⁷.

Традиционным драйвером электропотребления выступает рост жилого фонда Москвы и Московской области. Так, с 2011 по 2021 г. только в Москве было введено

⁴ Воронов В. Жара понижающая: Минэнерго увидело риски истощения запасов газовых хранилищ // Известия: интернет-издание. URL: <https://iz.ru/1213033/valerii-voronov/zhara-ponizhaiushchaia-minenergo-uvidelo-riski-istoshcheniia-zapasov-gazovykh-khranilishch>. Дата публикации: 27.08.2021 (дата обращения: 30.04.2023).

⁵ Смертина П. Жара требует энергии. Спрос на электроэнергию достиг исторического максимума // Коммерсантъ: интернет-портал. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4868590>. Дата публикации: 22.06.2021 (дата обращения: 30.04.2023).

⁶ Потребление мощности в ЕЭС России бьёт рекорды из-за жаркой погоды // АО «СО ЕЭС»: официальный сайт. URL: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/16336/>. Дата публикации: 22.06.2021 (дата обращения: 30.04.2023).

⁷ Клименко В.В., Гинзбург А.С., Федотова Е.В., Терешин А.Г. Волны тепла новая опасность для энергосистемы России // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. Т. 494. С. 82–88.

³ Третий оценочный доклад об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научно-технические технологии, 2022. С. 276.



Рис. 1. Схема повышения нагрузки на энергосистемы в связи с увеличением потребления электроэнергии на вентиляцию и кондиционирование во время волн жары

104.8 млн м² недвижимости. В соответствии со Схемой и программой перспективного развития электроэнергетики Москвы на 2020–2025 гг., суммарный прирост электрических нагрузок новых потребителей в связи с ожидаемым вводом в эксплуатацию объектов капитального строительства общей площадью 58.2 млн м² составит к 2025 г. более 1.3 ГВт.

Можно предположить, что для кондиционирования и вентиляции во время волн жары новые площади потребуют дополнительных мощностей сверх тех, которые были запланированы Схемой и программой развития электроэнергетики г. Москвы на 2020–2025 гг. Таким образом, бурный рост ввода жилья в столичном регионе на фоне климатических изменений стал вызовом для энергетической системы (рис. 1).

С аналогичным ростом пиковой мощности во время волн жары могут столкнуться и другие региональные энергосистемы. Так, в июне 2021 г. спрос на мощность в Единой энергосистеме России вырос до рекордного летнего максимума, достигнув 22 июня пиковой отметки 122.7 ГВт. Причина та же – рост потребления электроэнергии для вентиляции и кондиционирования. Рост пиковой потребляемой мощности составил 2.3 ГВт по сравнению с 2019 г., когда был зафиксирован предыдущий рекорд. В европейской части РФ

(около 70% всего потребления страны) спрос в июне увеличился на 6.5%⁸.

1.3. Влияние роста пиковых температур на маневренность энергосистемы

Традиционное решение проблемы пиковых летних нагрузок – создание резервов и маневрирование генерирующими мощностями.

Ведущая роль в производстве электроэнергии в энергосистеме европейской части России принадлежит тепловым и атомным электростанциям. В связи с этим проблема роста пиковой нагрузки во время волн жары будет сопровождаться снижением коэффициента полезного действия, а значит, уменьшением удельной выработки ТЭС, что несколько сокращает возможности для маневрирования мощностями.

Значительный рост температур воздуха может приводить к возникновению проблем с охлаждением реакторов АЭС, в результате чего могут возникать ситуации, при которых придётся снижать мощность энергоблоков атомных станций⁹.

⁸Смертина П. Жара требует энергии. Спрос на электроэнергию достиг исторического максимума // Коммерсантъ: интернет-портал. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4868590>. Дата публикации: 22.06.2021 (дата обращения: 30.04.2023).

⁹Клименко В.В., Гинзбург А.С., Федотова Е.В., Терешин А.Г. Волны тепла новая опасность для энергосистемы России // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. Т. 494. С. 82–88.

Во время волн жары также требуется компенсация растущих потерь в сетях ЛЭП. В соответствии с принятыми нормативами¹⁰, например, при температуре +35 °С рост удельного активного сопротивления по сравнению с сопротивлением при +20 °С составляет 6%.

Непрерывное возрастание максимумов потребления электроэнергии в сочетании с увеличением его суточной неравномерности и, как следствие, повышением потребности в регулировочном диапазоне означает увеличение риска массовых нарушений при снабжении электроэнергией. На этом фоне *снижение производительности генерирующих объектов (ТЭС, ГЭС и АЭС) в жаркую погоду, а также аварии на энергетических объектах ведут к исчерпанию резерва мощности и делают реальной возможность массовых отключений потребителей в энергосистемах Юга и Центра*¹¹.

Таким образом, рост пика потребляемой мощности одновременно в нескольких соседних региональных энергосистемах, снижение производительности на генерирующих объектах, увеличение потерь в сетях и риски аварий в связи с ростом температуры осложняют решение потенциальной проблемы дефицита мощности за счёт перетоков.

¹⁰ Приказ Минэнерго от 30 декабря 2008 года № 326 "Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям".

¹¹ Клименко В.В. Климатические экстремумы: новый вызов для российских энергосистем / В.В. Клименко, А.В. Клименко, А.Г. Терешина, Е.В. Федотова // Теплоэнергетика. 2021. № 3. С. 3–17.

2. Крышные солнечные электростанции как одно из решений адаптации энергетических систем к изменению климата

В такой ситуации возможным дополнительным решением проблемы роста пиковой потребляемой мощности во время всё более продолжительных волн жары могут стать технологические решения с использованием так называемого *бенефит-ориентированного* подхода. В соответствии с приказом Министерства экономического развития РФ от 13 мая 2021 г. № 267 "Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата", бенефит-ориентированный подход – это использование возможностей для экономического развития субъектов РФ и отдельных отраслей экономики, возникающих в связи с изменениями климата, в том числе из-за увеличения гелиоэнергетического потенциала во время волн жары.

К технологиям, реализующим такие возможности для решения проблемы роста летних пиков спроса на электроэнергию, относятся *крышные солнечные электростанции*.

На реализацию технологии крышной фотовольтаики нацеливает и Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р), в соответствии с которой необходима реализация мер в том числе "по стимулированию оснащения зданий установками, использующими и производящими возобновляемую энергию за счёт

фотоэлектрических панелей для выработки электроэнергии”.

Возможность масштабной установки крышных солнечных электростанций уже рассматривалась в России. В частности, в 2018 г. представители Министерства энергетики заявляли, что в России может появиться программа “Один миллион солнечных крыш”. На тот момент потенциал суммарной установленной пиковой мощности крышных СЭС оценивался в 3.5 ГВт¹².

Масштабные программы установки солнечных крышных электростанций могут реализовываться в рамках механизмов поддержки на розничном рынке электроэнергии. В 2015 г. был принят механизм поддержки за счёт обязательства покупки сетевыми организациями по специальным тарифам электроэнергии в пределах 5% от потерь электроэнергии в сетях. В 2019 г. был принят еще один механизм такой поддержки – закон о сетевой микрогенерации¹³. В 2021 г. были приняты необходимые подзаконные акты к этому закону, которые позволяют продавать в сеть излишки электроэнергии, получаемой на микрогенерации (до 15 кВт).

Использование крышных СЭС может стать эффективным дополнением к традиционным решениям, связанным с резервированием и маневрированием генерирующими

мощностями. Масштабное внедрение технологии малой солнечной энергетики позволит не только увеличить надёжность электроснабжения летом, но и создать новые рабочие места, улучшить экологическую обстановку, повысить привлекательность Москвы в контексте устойчивого развития и т. д.

2.1. Мировой опыт

Крышная фотовольтаика – это распространенная технология. Только в 2021 г. было введено свыше 60 ГВт солнечных крышных электростанций или более 40% всей установленной мощности солнечной генерации в мире (данные Международного энергетического агентства на 2021 г.¹⁴ – рис. 2).

На уровне стран можно привести следующие примеры внедрения этой технологии.

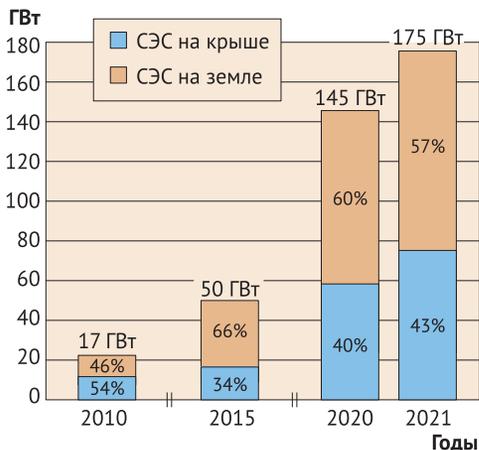


Рис. 2. Вновь вводимая установленная мощность солнечной генерации в мире с разбивкой на крышную фотовольтаику и обычные СЭС

¹² В России может появиться программа «Миллион солнечных крыш» // РИА Новости: сетевое издание. URL: <https://ria.ru/20180321/1516916168.html>. Дата публикации: 21.03.2018 (дата обращения: 01.05.2023).

¹³ О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации: Федеральный закон № 471-ФЗ: [принят Государственной думой 11 декабря 2019 года]: (с изменениями и дополнениями). Доступ из справ.-правовой системы Консультант. Текст: электронный (дата обращения: 01.05.2023).

¹⁴ Evolution of annual solar PV installations and share by segmentation, 2000–2021 // URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-annual-solar-pv-installations-and-share-by-segmentation-2000-2021> Дата публикации: 01.09.2022 (дата обращения: 15.02.2024).

В Берлине на 2022 г. было установлено более 160 МВт крышных СЭС. Принят закон о солнечной энергии.

Законодательные инициативы по обязательному оснащению новых домов крышными СЭС приняты в Европейском союзе и Японии. План по оснащению крышными СЭС 100% муниципальных зданий был принят в Риге.

Установленная мощность крышных солнечных электростанций в Китае составляет около 150 ГВт, или треть всей установленной мощности солнечных электростанций (392 ГВт на 2022 г.).

В Узбекистане принята программа “Зеленый дом” с целью стимулировать установку СЭС мощностью до 50 кВт в частных домохозяйствах.

2.2. Оценка потенциала крышной солнечной генерации для Москвы

По примеру городов мира, где уже были реализованы такие технологии, настоящим обзором предлагается реализовать масштабную программу, целью которой должно стать покрытие солнечными панелями примерно 30% площади крыш муниципальных зданий и, по возможности, крыш и фасадов этих и других зданий в Москве.

Согласно данным Мосархитектуры, совокупная площадь крыш в Москве составляет 20 км². Из них для различных целей может быть использована примерно треть – около 7 км² ¹⁵.

На площади в один квадратный метр можно разместить приблизи-

тельно 0.2 кВт установленной мощности СЭС.

Таким образом, на московских крышах можно разместить солнечные панели мощностью около 1.4 ГВт. Для сравнения: это соответствует мощности приблизительно 3/4 всех построенных в России за последнее десятилетие СЭС – как крупных, введённых в рамках программы ДПМ ВИЭ (Договор предоставления мощности), так и небольших, представленных собственными СЭС малых и средних предприятий и домохозяйств.

Таким образом, реализация потенциала крышной фотовольтаики в состоянии существенно помочь в решении проблемы роста пиковой нагрузки во время волн жары, которая может составлять сотни мегаватт (см. выше).

При этом приведённая оценка потенциала крышной фотовольтаики для Москвы (1.4 ГВт) может оказаться довольно консервативной.

Во-первых, помимо традиционных солнечных панелей на крышах можно применять фасадные солнечные модули. Таким образом возможно не только улучшить эстетический вид зданий и внести разнообразие в городской пейзаж, но и повысить потенциал солнечной генерации в условиях города. Важно отметить, что такие модули сертифицированы в соответствии с требованиями строительных, санитарных, пожарных, экологических и других норм безопасности, утверждённых действующим российским законодательством¹⁶.

Во-вторых, помещения под крышами меньше нагреваются и, следовательно, в меньшей степени нужда-

¹⁵ Изъюрова Л. На высоте. Приживутся ли в Москве эксплуатируемые кровли? // Строительный эксперт: интернет-портал. URL: <https://ardexpert.ru/article/14325>. Дата публикации: 06.11.2018 (дата обращения: 03.05.2023).

¹⁶ Группа компаний “Хевел”: Фотоэлектрические фасадные системы: официальный сайт. URL: <https://www.hevelsolar.com/facade/> (дата обращения: 03.05.2023).

ются в кондиционировании. Ночью, а также зимой солнечные панели, наоборот, способствуют удержанию тепла в помещении, действуя как дополнительная изоляция.

Солнечные панели способствуют охлаждению крыш за счёт следующих факторов¹⁷:

1) преобразование энергии – панели поглощают около 20% поступающей на их поверхность энергии и преобразуют её в электроэнергию;

2) отражение – солнечные панели отражают часть поступающей энергии;

3) поглощение тепла – солнечные панели могут достаточно сильно нагреваться с последующим рассеиванием энергии в пространстве;

4) конвекция – солнечные панели монтируются таким образом, что между ними и кровлей есть некоторое расстояние. Этот зазор способствует возникновению воздушного потока, рассеивающего тепло поверхности крыши.

По данным инструментального исследования¹⁸, полученным с использованием тепловизоров, в городе Сан-Диего (США) было установлено, что температура воздуха под крышей, покрытой солнечными панелями, может быть более низкой, чем температура воздуха под освещённой солнцем крышей: потребность в кондиционировании здания, оборудованного солнечными панелями,

была на 38% ниже по сравнению со зданиями с “открытой” крышей.

Моделирование установки солнечных панелей в Париже также показало¹⁹, что эти панели, затеняя кровли, на 12% сокращают потребление энергии на кондиционирование воздуха.

И в России тоже есть примеры, когда заказчики СЭС отмечали охлаждение крыши в качестве важного положительного побочного эффекта от установки солнечных панелей.

2.3. Пригодность крыш для размещения крышных СЭС

Пригодность крыши для установки солнечных панелей, в том числе на скатных крышах, можно определить только по проекту или/и по результатам обследования. Кроме собственно текущего состояния крыши должны быть учтены график ремонта и экономические выгоды от установки панелей (ветхая крыша приносит убытки, крыша с панелями – выгоды). Для ветхих крыш необходимо учитывать график капитального ремонта.

Конструкции солнечных электростанций должны проектироваться исходя из несущей конструктивной системы здания, которые в высотных домах передают нагрузку, как правило, по вертикальным опорным конструкциям (несущие стены и колонны) на фундамент. Фотоэлектрические панели в основной массе выполняются на алюминиевом каркасе, и вес такой панели не может превышать допустимых нагрузок на

¹⁷ Do solar panels keep your roof and attic cooler? // The Solar Nerd: интернет-портал. URL: <https://www.thesolarnerd.com/blog/do-solar-panels-cool-your-roof/>. Дата публикации: 17.09.2021 (дата обращения: 03.05.2023).

¹⁸ Dominguez A., Kleissl J., Luvall J.C. Effects of solar photovoltaic panels on roof heat transfer // Solar Energy Journal. University of South Florida, USA, 2011. P. 2244–2255. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X11002131>. Дата публикации: 06.07.2011 (дата обращения: 03.05.2023).

¹⁹ Solar panels reduce both global warming and urban heat island / V. Masson, M. Bonhomme, J.-L. Salagnac [и др.] // Frontiers: интернет-издание. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2014.00014/full>. Дата публикации: 04.06.2014 (дата обращения: 03.05.2023).

любую кровлю. Последние проектируются с учётом максимально возможной снеговой нагрузки и возможности надёжного выдерживания веса человека.

Характеристики солнечных панелей укладываются в допустимые нагрузки. Так, вес одной 330-ваттной панели NEVEL HJT 330 равен 19 кг или 11.3 кг на квадратный метр. Для примера, расчётные снеговые нагрузки на кровлю для Москвы и Московской области (которые в обязательном порядке учитываются при проектировании крыш) составляют 126–180 кг/м² при уклоне крыши от 45 градусов до плоской.

При неудовлетворительном состоянии кровли или недопущении повышения нагрузки на неё, могут быть реализованы другие инженерные решения, в том числе исключающие опору солнечных панелей на кровлю. Примером может служить опыт крышных рекламных конструкций, которые не имеют опоры на кровлю.

Ещё одним решением проблемы ветхих крыш могут стать фотоэлектрические фасады. Это доступная и уже реализуемая технология, которая требует самостоятельного развития.

2.4. Возможные организационно-правовые формы при реализации программы крышной фотовольтаики

Вопрос поиска и выбора организационно-правовой формы или форм при реализации программы крышной фотовольтаики – возможно, один из самых сложных. В качестве вариантов организационно-правовых формы можно рассмотреть следующие:

а) инвестор проектов – правительство Москвы и/или муниципалитеты, которые осуществляют управление

и распоряжение СЭС как собственностью г. Москвы. Правительство Москвы может агрегировать объекты микрогенерации нескольких многоквартирных домов (МКД) в пулы и финансировать строительство и эксплуатацию СЭС из средств бюджета. Как вариант источником финансирования может стать выпуск зелёных облигаций по опыту облигаций 2021 г. на покупку электробусов. Электроэнергия реализуется на розничном рынке по имеющимся механизмам поддержки;

б) инвестор проектов и собственник СЭС – ПАО “Мосэнерго”. СЭС принадлежит инвестору, арендующему крышу у муниципалитета или управляющей компании с согласия собственников. Создание таких проектов также может финансироваться из регионального бюджета. Электроэнергия реализуется на розничном рынке;

в) инвесторы и владельцы СЭС – коммерческие компании, имеющие опыт работы на российском рынке (ООО “Юнигрин Пауэр”, ООО “Солар Ритейл”, ООО “Вершина Девелопмент” и др.). Индивидуальные проекты собираются в пулы совокупной мощностью до 25 МВт, а затем участвуют в отборе объектов ВИЭ на розничном рынке электроэнергии. Владельцы крыш получают арендную плату;

г) физические или юридические лица – собственники помещений в здании без объединения в пулы – выступают инвесторами и собственниками СЭС, установленной на крыше/фасаде здания по согласованию с администрацией и другими собственниками помещений. За счёт выработки на СЭС владелец полностью или частично покрывает свои собственные потребности в электроэнергии, докупая нужный объём

Коэффициент использования установленной мощности, %

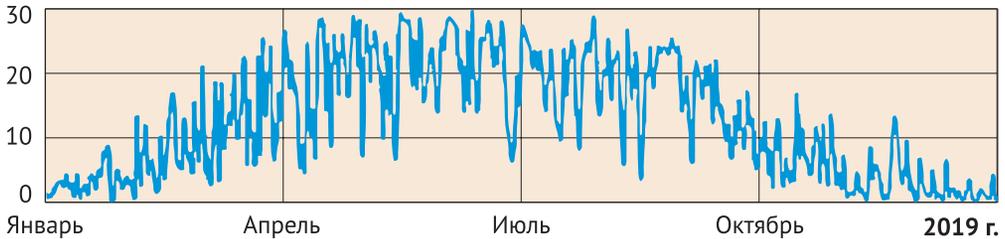


Рис. 3. Коэффициент использования установленной мощности типовой СЭС в Москве в 2019 г. по дням.

Источник: Renewables.ninja. URL: <https://www.renewables.ninja/>

энергии в сети и продавая излишки электроэнергии в сеть в соответствии с механизмом поддержки микрогенерации;

д) жители многоквартирных домов объединяются в группы/кооперативы и самостоятельно финансируют установку и эксплуатацию СЭС, становясь её собственниками. Правительство Москвы может оказать организационную и правовую поддержку жителям в создании таких “кооперативов” по производству солнечной электроэнергии на крышах. Владельцы крыш муниципальных зданий предоставляют площади для установки СЭС. Собственником СЭС при этом становится кооператив, в котором производится электроэнергия на крышах муниципальных зданий. Для членов такого кооператива платежи за электроэнергию снижаются. Излишки генерации поставляются в сеть по закону о микрогенерации.

3. Сопутствующие эффекты от внедрения крышной фотовольтаики

Помимо решения проблемы роста пиковых нагрузок во время волн жары, крышная фотовольтаика имеет ряд других немаловажных сопутствующих эффектов.

3.1. Обеспечение

электроснабжения в течение года

По существующим оценкам²⁰, количество энергии, производимой солнечными панелями номинальной мощностью 1 кВт, для Москвы составляет порядка 1050 кВт·ч в год. Следовательно, в Москве при установленной мощности крышной фотовольтаики 1.4 ГВт в течение года вырабатывается около 1.5 млрд кВт·ч электроэнергии. Для сравнения: годовое потребление электроэнергии в Москве равно примерно 50 млрд кВт·ч. Таким образом, за счёт солнечной электроэнергии будет покрываться около 3% всего спроса на электроэнергию. Это не создаст проблем для стабильности сети.

Важно отметить, что солнечные панели могут производить электроэнергию в течение всего года, в том числе и в зимний период, хотя и в меньшем объёме (рис. 3). В солнечные зимние дни СЭС способны помочь покрывать зимние пики спроса на электроэнергию.

Электричество вырабатывается и в пасмурную погоду. Собствен-

²⁰ Global Solar Atlas: сайт. URL: <https://globalsolaratlas.info/map> (дата обращения: 03.05.2023).

ный опыт показывает, что солнечная электростанция мощностью 5 кВт за четыре месяца 2023 г. (с апреля по сентябрь) выдавала в районе Коптево мощность около 300 Вт даже в сильный дождь. Всего же за указанный период станция выработала более 1 МВт·ч электроэнергии, несмотря на то, что была установлена на козырьке первого этажа на западной стороне здания.

3.2. Экономия газа и снижение выбросов парниковых эмиссий

В Московском регионе выработка на СЭС 1.5 млрд кВт·ч с замещением выработки этого объёма электроэнергии на основе традиционной генерации позволит сэкономить около 350 тыс. т условного топлива при заявленном удельном расходе в 233.9 т условного топлива на один кВт·ч отпускаяемой электроэнергии²¹.

В энергосистеме Москвы доминирует газовая генерация. Можно оценить, что в пересчёте на газ годовая экономия природного газа составит около 0.3 млрд м³. Экономия газа такого объёма позволяет предотвратить парниковые эмиссии в объёме 0.56 млн т CO₂. Для сравнения: парниковые выбросы Москвы составляют порядка 57 млн т CO₂-экв. в год.

3.3. Стимулирование отечественного высокотехнологичного производства и создание рабочих мест

Массовое строительство крышных солнечных электростанций в Москве с последующим тиражиро-

²¹ ПАО “Мосэнерго”: Генерация и сбыт: официальный сайт. URL: <https://mosenergo.gazprom.ru/services/> (дата обращения: 03.05.2023).

ванием опыта в других городах способно создать существенный спрос на высокотехнологичное оборудование. В России уже есть несколько крупных производителей оборудования для СЭС с высокой степенью локализации (то есть с высоким содержанием произведённых в России компонентов):

- группа компаний “Хевел” производит солнечные фотоэлектрические модули на своём заводе в городе Новочебоксарске, Чувашская Республика (мощность 340 МВт/год²²);

- ООО “Юнигрин Энерджи” ввело в эксплуатацию завод, который будет выпускать кремниевые пластины и солнечные ячейки годовой мощностью 1.3 ГВт²³;

- завод группы компаний “Солар Системс”, город Подольск Московской области, по производству кремниевых пластин (мощность 220 МВт/год²⁴).

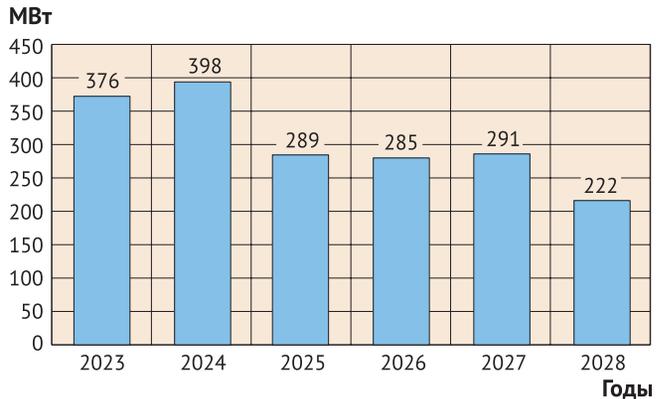
С учётом разных факторов понятно, что в ближайшее время в России ежегодно будет доступно свыше 1 ГВт высокотехнологичных солнечных модулей российского производства. Причём далеко не все объёмы этой продукции будут востребованы на оптовом рынке мощности внутри страны, на который ориентированы данные производства (рис. 4), а возможности экспорта в ближайшее время могут быть ограниче-

²² Группа компаний “Хевел”: Завод “Хевел” сегодня: официальный сайт. URL: <https://www.hevelsolar.com/proizvodstvo/> (дата обращения: 03.05.2023).

²³ Калининградский “Энкор” начал производство ключевых компонентов для солнечной энергетики// INTERFAX.RU: интернет-издание. URL: <https://www.interfax.ru/business/941953> Дата публикации: 25.01.2024 (дата обращения: 20.02.2024)

²⁴ АРВЭ: ООО “Солар Кремниевые технологии”: сайт. URL: <https://lrreda.ru/members/sst-rus/> (дата обращения: 03.05.2023).

Рис. 4. Плановые объёмы строительства СЭС в рамках поддержки ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности в 2023–2028 гг. (Источник: рассчитано по данным АТС (2023). Результаты отборов проектов. URL: <https://www.atsenergo.ru/vie/proresults>)



ны. Более 0.5 ГВт высокотехнологичных солнечных пластин и ячеек отечественного производства могут ежегодно оставаться невостребованными. Реализация программы крышных СЭС позволит обеспечить имеющиеся заводы необходимым спросом, а в перспективе, в случае распространения московского опыта на другие регионы, возможно, будет способствовать появлению новых заводов высокотехнологичного оборудования для СЭС.

Реализовать программу строительства крышных СЭС в Москве можно за несколько лет, обеспечив совокупный дополнительный спрос на мощности СЭС в объёме около 0.5 ГВт в год. В случае успеха возможно тиражирование проекта крышной фотовольтаики на другие регионы России, и в результате появится долгосрочный дополнительный спрос на технологию СЭС. Установка СЭС может быть особо востребована в энергодефицитных регионах, например в Краснодарском крае и Республике Адыгея, в южной части Иркутской области, в Республике Бурятия, в юго-западных районах Забайкальского края (в районе Читы), на юге Приморско-

го края²⁵ – в регионах, где наблюдается высокий уровень инсоляции.

Программы установки крышных СЭС могут быть открыты для иностранных производителей оборудования: наличие конкуренции, особенно со стороны, например, китайских компаний, будет стимулировать отечественных производителей снижать цены и внедрять инновации.

3.4. Обеспечение безопасности в местах массового пребывания людей

Установка солнечных электростанций с накопителями энергии на зданиях, которые ежедневно посещает большое количество людей, позволит повысить их безопасность. К таким зданиям относятся торговые центры, больницы, школы, детские сады. В качестве аварийных источников электроэнергии в некоторых таких зданиях применяются дизельные генераторы. При возникновении сбоя в системе подачи электроэнергии (например, в случае пожара) такие генераторы должны включаться автоматически. Однако

²⁵ Юдин Ю. Новое планирование // Энергия без границ: электронный журнал. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/smi/2022/ebg_4_2022_persp.pdf (дата обращения: 03.05.2023).

на практике они могут не сработать или для их работы может оказаться недостаточно топлива.

Более надёжная и безопасная система бесперебойного электроснабжения – солнечная электростанция с накопителями энергии. Она не нуждается в топливе и может работать в условиях прекращения электроснабжения из сети, подавая электроэнергию в объект массового пребывания людей в аварийной ситуации. В режиме обычной эксплуатации такая СЭС может поставлять излишки генерации в сеть.

4. Некоторые рекомендации для подготовки к реализации программ внедрения технологии крышной фотовольтаики

Реализация таких комплексных и масштабных программ, как программа крышных СЭС, требует вовлечения и синхронизации интересов многих потенциально вовлекаемых сторон, а также решения комплексных задач. В этой связи предлагаются следующие рекомендации (список открытый).

На уровне нормативно-правового сопровождения

– Актуализация региональных планов адаптации к изменению климата (задача, поставленная перед органами исполнительной власти субъектов РФ в рамках Национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 г., утвержденного Распоряжением Правительства РФ от 11 марта 2023 г. № 559-р.). В рамках этой задачи возможно включение программ крышной фотовольтаики в региональные планы адаптации к изменению климата.

– Обсуждение возможностей внедрения проектов крышных СЭС в ре-

гиональные программы развития энергетики.

– При массовом внедрении технологии крышной фотовольтаики рассмотрение вопросов о внесении соответствующих корректировок в строительные нормы и правила (СНиП) при выявлении такой необходимости.

– Рассмотрение вопроса о возвращении на уровне постановления Правительства РФ требования о строительстве всех новых зданий классом энергоэффективности не ниже "А".

На организационно-правовом уровне

– Оценка международного опыта объединения микрогенерации в пулы (15 кВт допустимая мощность для продажи излишков в сеть от одного домохозяйства) для запуска так называемых виртуальных электростанций мощностью в десятки мегаватт и реализация соответствующих экспериментальных проектов.

– Финансово-экономическая оценка в рамках экспериментальных проектов установки крышных СЭС.

– Оценка потенциала использования средств фонда капитального ремонта, в том числе для установки СЭС.

На техническом уровне

– Определение подстанций, испытывающих избыточную нагрузку и реализация экспериментальных проектов для оценки потенциала крышных СЭС.

– Проведение исследований на тему критериев и пригодности крыш с оценкой площади крыш, пригодных для крышных СЭС и потенциала крышной фотовольтаики.

Эта и последующие в ближайших двух номерах статьи в рубрике "Фотовольтаика" продолжают тематику № 2 за этот год.