

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Любчик О. А.

Любчик Ольга Андреевна - старший преподаватель, Белорусский национальный технический университет. г.Минск, Республика Беларусь, e-mail: olga.liubchik@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается развитие солнечной энергетики в мире и в Республике Беларусь, проводится анализ коэффициента использования установленной мощности солнечных электростанций. Выявляется необходимость корректировки статистических данных по инсоляции для анализа и проектирования работы солнечных электростанций.

Ключевые слова: солнечная энергетика; возобновляемая энергетика; солнечная электростанция; эффективность; корреляционный анализ; коэффициент использования установленной мощности.

Abstract: The article discusses solar energy development in the world and in the Republic of Belarus, analyzes solar power plants installed capacity utilization factor. The necessity of adjusting the statistical data on insolation for the analysis and design of the operation of solar power plants is revealed.

Keywords. solar energy; renewable energy; solar power plant; efficiency; correlation analysis; installed capacity utilization factor.

Введение. Постепенная декарбонизация энергетического сектора, в том числе за счет интенсивного развития возобновляемой энергетики, способствует восстановлению окружающей среды одновременно с развитием устойчивых и инклюзивных экономик и обществ. Кроме того, производство энергии за счет возобновляемых источников энергии делает возможным достижение глобальных целей устойчивого развития в области климата и выполнение задач Парижского соглашения при одновременном стимулировании экономического роста и создании рабочих мест [1].

Развитие солнечной энергетики в Республике Беларусь. Солнечная энергетика имеет самый высокий темп развития по сравнению с другими видами возобновляемой энергетики. Так, за десятилетний период в мире установленная мощность электрогенерирующих установок на солнечной энергии выросла более чем в 8 раз. За тот же период мощность ветроэнергетических установок увеличилась более чем в 3 раза, рост мощности по направлениям биоэнергетики, геотермальной энергетики и гидроэнергетики составил 90, 60 и 25% соответственно. В Республике Беларусь солнечная энергетика также является наиболее быстро развивающимся направлением возобновляемой энергетики. По состоянию на 2021 год доля солнечной энергетики в балансе электроустановок на возобновляемых источниках энергии в стране составила 33%, в то время как доли остальных видов сопоставимы и равны 25% для биоэнергетики, 23% для ветроэнергетики и 20% для возобновляемой гидроэнергетики [2].

Выработка электрической энергии за счет солнечной энергии в Республике Беларусь и средний за год коэффициент использования установленной мощности (далее – КИУМ) представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Как видно из рис.1, наиболее интенсивное развитие солнечной энергетики происходило с 2014 по 2018 год, что соответствует периоду существования максимальных повышающих коэффициентов для тарифов на закупку электроэнергии государством от производителей энергии из возобновляемых источников энергии. Коэффициент использования установленной мощности построенных на территории Республики Беларусь солнечных электростанций невелик и в среднем составляет 12-13% (провалы 2014 и 2016 годов обусловлены вводом крупных электростанций в конце учетного периода). Данный показатель в странах с более благоприятными для развития солнечной энергетики климатом и большим числом солнечных

дней, таких как, например, Узбекистан, Турция, Афганистан, по данным Международной ассоциации возобновляемой энергетики, достигает 20% и выше. В то же время среднегодовые значения КИУМ в области солнечной электроэнергетики по миру в целом составляют аналогичные для белорусских солнечных электростанций значения 12-13%.

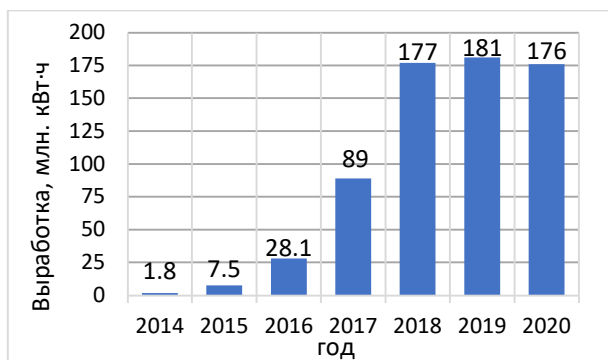


Рис.1. Выработка электроэнергии солнечными электростанциями в Республике Беларусь

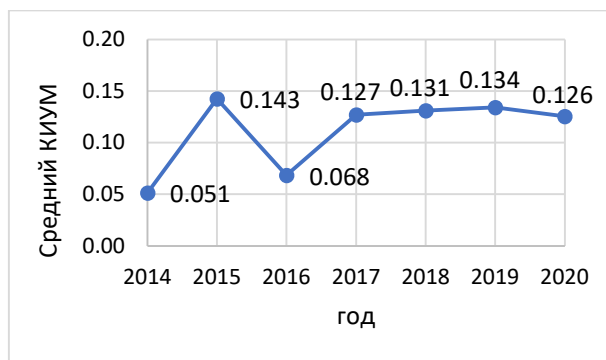


Рис. 2. Средний КИУМ солнечных электростанций в Республике Беларусь

Эффективность работы солнечных электростанций. Для более детального анализа эффективности работы солнечных электростанций в Республике Беларусь были выбраны две небольшие станции, расположенные на средней полосе в западной и восточной частях страны: в г. Щучин мощностью 2,5 МВт и в г. Бобруйск мощностью 2 МВт. По второй станции открытые данные имеются по 2019 год включительно, однако шестилетний период наблюдений обладает необходимой репрезентативностью.

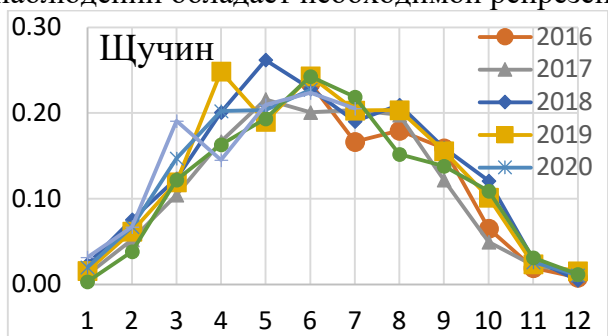


Рис.3. Динамика КИУМ солнечной электростанции 2,5 МВт, г. Щучин

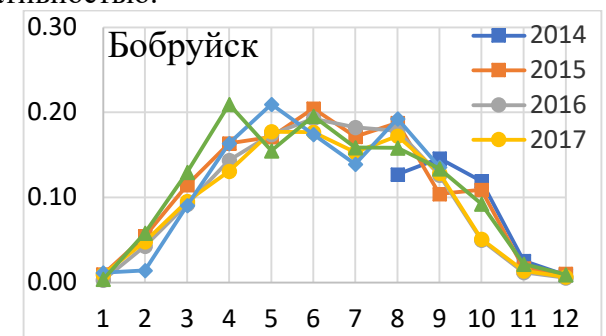


Рис.4. Динамика КИУМ солнечной электростанции 2,0 МВт, г. Бобруйск

Динамика коэффициента использования установленной мощности представлена на рисунке 3 для электростанции в г. Щучин и на рисунке 4 для электростанции в г. Бобруйск

Как видно из графиков на рисунках 3 и 4, наибольшую эффективность работы солнечные электростанции имеют в теплый период года с апреля по август, когда инсоляция максимальна. КИУМ станции в г. Щучин в некоторые месяцы превышает 0,25. КИУМ станции в г. Бобруйск, построенной на два года ранее, выше 0,20 в некоторые теплые месяцы. В холодный период года выработка солнечных электростанций совсем мала и среднемесячный КИУМ падает ниже 0,10 и даже ниже 0,05. Однако стоит отметить, что в июле во все годы имеется значительное снижение КИУМ.

Согласно метеорологическим наблюдениям Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (далее – Белгидромет), месячные суммы солнечной радиации на горизонтальную поверхность как в ясный день (рисунок 5), так и при условиях средней облачности, в июле являются вторыми по величине и очень близки по значению к показателям в июне, где наблюдается максимум. Эти данные подтверждаются информацией независимого агентства НАСА: среднемесячная интенсивность солнечной радиации в 6 и 7 месяцах года очень близка и превышает значения всех остальных месяцев (рисунок 6).

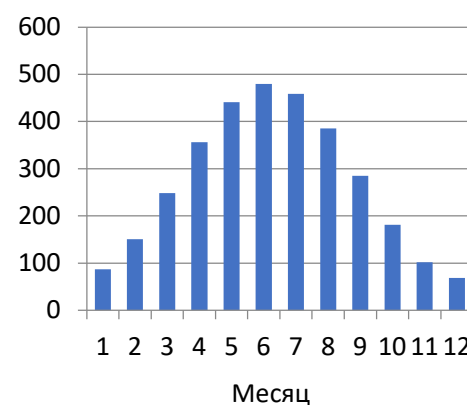
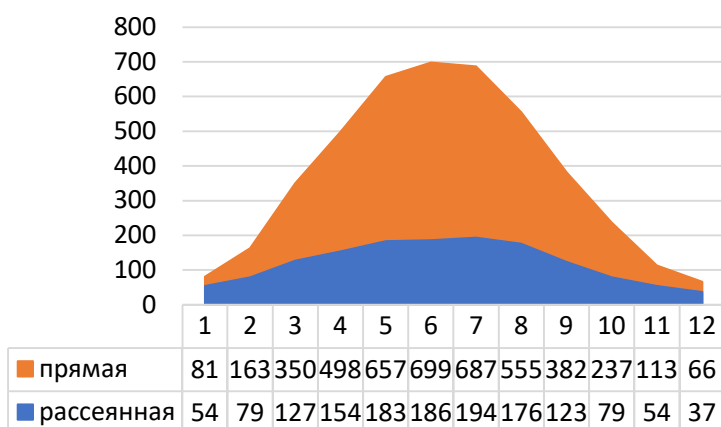


Рис.5. Месячные суммы солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе, МДж/м²

Рис.6. Интенсивность солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м²

Влияние на выработку энергии на солнечных электростанциях могут оказывать различные факторы, в том числе облачность и температура окружающей среды. Данные же, представленные на рисунках 5 и 6, как и схожая информация Белгидромета и иных организаций, отражает приход солнечной радиации при фиксированной облачности без дополнительных параметров, что затрудняет анализ работы солнечной энергетики, а также усложняет прогнозирование. Имеет смысл провести анализ изменения облачности и колебаний температуры, а также выявить наличие или отсутствие зависимости выработки энергии от названных факторов.

Влияние облачности и температуры на выработку энергии солнечными электростанциями. Для примера рассмотрим колебания облачности в дневное время в г. Бобруйске (рисунок 7), когда имело место четко видимое снижение КИУМ, и сопоставим с выработкой электроэнергии (рисунок 8) (в течение трех последних месяцев года мониторинг выработки электроэнергии не проводился по техническим причинам).

При сопоставлении графиков даже визуально заметна сильная связь, причем не только в теплый период года, но и в холодный, и переходный.

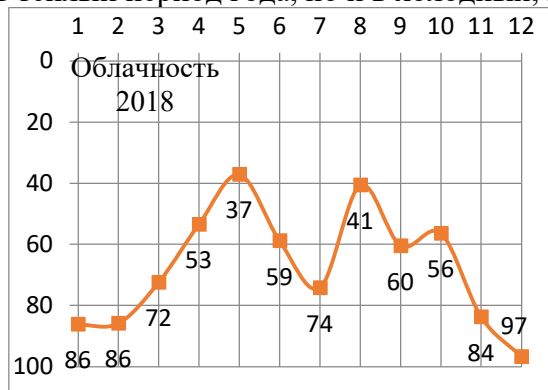


Рис.7. Динамика облачности, г. Бобруйск, 2018 год, %

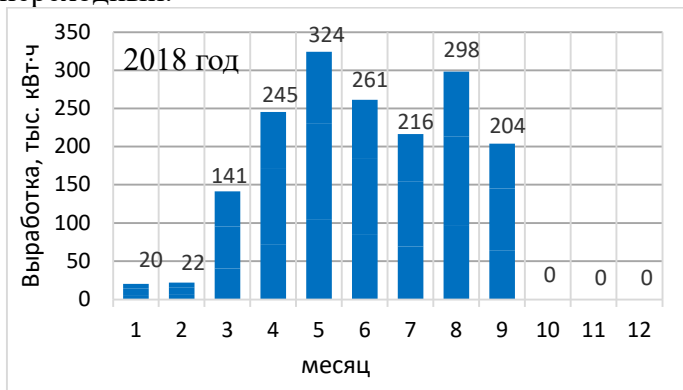


Рис.8. Динамика выработки электроэнергии солнечной электростанцией

С целью выявления зависимости между выработкой электроэнергии и облачностью, а также величины этой зависимости, был проведен корреляционный анализ. Полученный коэффициент корреляции для рассматриваемого года составил -0,93, что отражает сильную взаимосвязь показателей. Для остальных лет коэффициент корреляции находился в диапазоне от -0,92 до -0,97. Средний коэффициент корреляции по всему изучаемому периоду равняется -0,93. Полученные значения говорят о высоком влиянии облачности на выработку электроэнергии солнечной электростанцией и требовании учета не только прихода солнечной радиации в дни с нулевой и средней облачностью, предлагаемые в справочных данных, но и реальной, прогнозируемой либо средней облачности. Как выяснилось, средняя облачность в июле в Республике Беларусь превышает 60%, в то время как в остальные теплые месяцы

колеблется около 50%. На примере этой же электростанции можно отследить влияние температуры окружающей среды на эффективность выработки энергии. Стоит отметить, что средняя температура в мае, июне и июле имела небольшие отличия и составляла 22,0°C, 21,7°C и 22,6°C, в то время как в августе она была заметно выше и составила 25,0°C. Кроме исследования средней температуры были выявлены дни с дневной температурой выше 25°C. Таких дней в мае и июле оказалось 7, в июне – 6, а в августе – 12, что не оказало значимого влияния на динамику выработки. Посуточный визуальный анализ выработки энергии и дневной температуры воздуха не показал наличие связи. Для математического определения влияния высоких температур на работу станции также был проведен корреляционный анализ. Однако и он не подтвердил наличие взаимосвязи, т.к. значение коэффициента корреляции между производством энергии и температурой в теплые месяцы составило только 0,43, что не может быть трактовано как наличие влияния. В то же время нельзя говорить о полном отсутствии влияния температуры на работу солнечных электростанций, так как оно доказано как с научной, так и с практической сторон. Но в условия Республики Беларусь такое влияние незначительно, а для определения его величины и необходимости учета в расчетах требуется подробный почасовой анализ работы станций и более детальное дальнейшее изучение вопроса.

Заключение. В результате исследования были получены следующие выводы:

1. Солнечная энергетика является наиболее активно развиваемым направлением возобновляемой энергетике в мире в целом и в Республике Беларусь в частности.
2. Коэффициент использования установленной мощности, отражающий эффективность работы, для солнечных электростанций в Республике Беларусь составляет в среднем 12-13%, что сопоставимо со среднемировыми значениями.
3. Справочные данные по инсоляции, предлагаемые в открытом доступе, в большинстве случаев являются данными для дня с нулевой или средней облачностью или их производными и не отражают реальной картины инсоляции, что усложняет расчеты и в особенности прогнозирование работы солнечных электростанций.
4. Влияние облачности на выработку электроэнергии солнечной электростанцией очень велико, что особенно отражается на производстве электроэнергии в июле – месяце, когда средняя облачность значительно превышает облачность в другие теплые месяцы.
5. Влияние высоких температур на работу солнечных электростанций в Республике Беларусь незначительно. Однако данный вопрос требует дальнейшего более тщательного изучения для определения необходимости учета такого влияния в условиях умеренно-континентального климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Renewable Energy Can Support Resilient and Equitable Recovery / IRENA // [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.irena.org/newsroom/pressreleases_/2020/Apr/Renewable-energy-can-support-resilient-and-equitable-recovery – Date of access: 06.08.2022.
2. Solar Energy /IRENA // [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.irena.org/solar/> – Date of access: 08.08.2022.