

Сдвиг оконного блока к внутренней поверхности наружной стены, несмотря на более высокую минимальную температуру на внутренней поверхности, представляется более энергозатратным решением в сравнении с установкой блока в уровень с наружной поверхностью стены.

Наиболее энергозатратными решениями являются решения с установкой блоков в непосредственной близости от граней проемов. Несмотря на то, что такие решения получили широкое распространение. Как правило, зазор между блоками и стенами составляет 30...40 мм, а утеплитель заходит за проем на расстояние до 60 мм. Величина приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены для таких решений получена ниже величины сопротивления теплопередаче без влияния теплопроводных включений на 21 %.

Литература

1. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность. СН 2.04.02-2020. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – 24 с.

2. Строительная теплотехника. СП 2.04.01-2020 – Минск, 2020 г. – 72 с.

УДК 620.97

Переход к углеродной нейтральности: оценка развития возобновляемых источников энергии

Станецкая Ю. А., Туровец А. И.

Белорусский национальный технический университет

В данной статье рассмотрены современные тенденции и перспективы развития возобновляемых источников энергии.

Последствия, вызванные глобальным потеплением, потенциально могут нанести необратимый экологический ущерб и, таким образом, поставить под угрозу экономическую устойчивость, оказывая негативное воздействие на производительность труда, предложение рабочей силы, промышленное производство и доход на душу населения. Изменения климата идет угрожающими темпами, и еще в 2015 году 197 стран мира подписали Парижское климатическое соглашения, согласно которому необходимо принять все возможные меры, чтобы к 2100 году средняя температура не превысила доиндустриальные значения на 1,5–2,0 °С.

Пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на мировую экономику, приведя к сокращению спроса на первичную энергию во всем мире, что привело к падению выбросов в мировом энергетическом секторе на

5,8 %. В новом докладе «Глобальный углеродный бюджет», над которым работали более 100 ученых со всего мира говорится о том, что глобальные выбросы CO₂ от нефти, газа и угля в 2023 году снова выросли – на 1,1 % по сравнению с уровнем 2022 года и достигли примерно 36,8 миллиарда тонн. Если загрязнение окружающей среды будет идти такими же темпами, оценивают ученые из группы Global Carbon Project, через семь лет глобальное потепление с 50-процентной вероятностью превысит отметку в 1,5 °C. Предупреждением о том, что ждет человечество по мере приближения к порогу в 1,5 °C, стали выбросы CO₂ в результате пожаров в 2023 году в Канаде, которые превысили средние показатели глобальных выбросов. Еще более выраженным парниковым эффектом и являющимся результатом человеческой деятельности обладает CH₄ (метан), выделяемый в основном на предприятиях сельского хозяйства и при захоронении органических отходов. На изменение климата также влияет изменение вулканической и солнечной активности, а также ряд других причин. 2023 год официально признан самым жарким за всю историю наблюдений согласно отчету климатической службы Copernicus (официально измерения начали проводить в 1880 году). 2024 год по прогнозу ученых побьет и этот рекорд.

Примечательно, что Китай, как крупнейший в мире источник выбросов углекислого газа, произвел 10 523 млн тонн выбросов CO₂ в 2021 году, что составляет 31,1 % от общемирового объема. Признавая его значительное влияние, правительство Китая взяло на себя твердое обязательство достичь максимального уровня выбросов углекислого газа к 2030 году и достичь углеродной нейтральности к 2060 году. Россия также планирует энергетический переход, но только к 2060 году, а Индия к 2070 году. Европа и США ставят цели достичь нулевого уровня к 2050 году.

Одним из путей решения проблемы является налогообложение на выбросы углерода, заключающееся в том, что любая экономическая деятельность, приводящая к чистым выбросам углерода, будет облагаться налогом.

Также, по мнению ученых, необходимо полностью отказаться от использования ископаемого топлива, заменив его возобновляемыми источниками энергии не позднее 2050 года. Концепция углеродно-нейтральных сообществ включает в себя использование низкоуглеродных технологий, экологически чистых строительных материалов и различных мер по минимизации выбросов углерода. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнечную энергию, энергию приливов и отливов, геотермальная энергию, а также биомассы, сточных вод и промышленных бытовых отходов [1, с. 59–60].

В большинстве стран производство электроэнергии базируется на ископаемых источниках топлива. В то же время объем электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников, быстро растет.

Альтернативные источники энергии должны быть интегрированы в действующую традиционную энергетическую систему. Осуществить этот переход, несомненно, сложно, поскольку предстоит преодолеть серьезные технологические проблемы, но наблюдается тенденция роста ВИЭ.

На рисунке ниже представлены данные об использовании ВИЭ, тенденции использования различных типов источников энергии для производства электроэнергии и доли источников электроэнергии по видам топлива.

В сфере ветроэнергетики Европа была первой, кто стал использовать энергию ветра для получения электричества. Но за последние два года инициативу перехватил Китай. По состоянию на 2020 год Китай установил 281 ГВт ветровой энергии. ЕС имеет высокий уровень зависимости от Китая, вынужденный закупать, например, редкоземельные элементы, которые используются в постоянных магнитах, а также в качестве материала для стекловолокна, из которого состоят лопасти ветряных турбин. Растущие затраты, задержки в цепочках поставок и низкие цены на электроэнергию на аукционах препятствуют развитию и приводят к отмене морских и континентальных ветроэнергетических проектов.

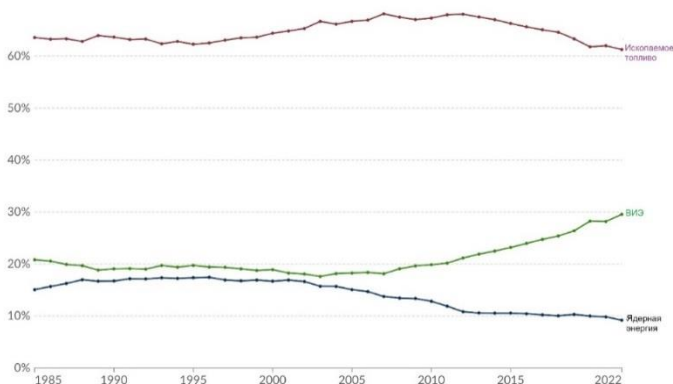


Рис. 1. Доля производства электроэнергии из ископаемого топлива, ВИЭ и ядерной энергии, согласно данным [2]

Уже сейчас ветровая энергетика в европейских странах отстает от достижения целевых показателей мощности на 2030 год, ведь в соответствии с планом развития ветроэнергетики, к 2030 году доля возобновляемых источников должна составить не менее 42,5 %, а желательно 45 %.

США также серьезно отстает в производстве компонентов для ветроэнергетики, а из-за конкуренции с Китаем запрещает импорт комплектующих из этой страны, хотя на рынке почти нет альтернатив. Китай же, напротив являясь обладателем технологий и огромных мощностей по производству, наводнил внутренний рынок, но продать крупнейшим потребителям не может, так что испытывает перепроизводство без реализации.

В сфере солнечной энергетики похожая ситуация. По состоянию на 2020 год Китай установил 253 ГВт солнечной энергии. Китай контролирует более 80% всей цепочки поставок, производя почти все солнечные панели и их компоненты. До 2010-х годов европейские производители были в числе лидеров по производству солнечных панелей и оборудования с ними связанного. Но когда Китай стал активно развивать эту отрасль, пользуясь дешевыми кредитами и налоговыми льготами, цены на солнечные панели упали, экспорт в Европу резко вырос, и многие европейские производители не выдержали конкуренции. В 2013 году Европейская комиссия ввела временные антидемпинговые пошлины на продукцию из Китая. На это китайское правительство пригрозило ввести ответные меры в виде пошлин на автомобильную и другую продукцию из ЕС. В результате, опасаясь торговых войн, правительство Германии оказало давление на Европейскую комиссию, вынудив снизить пошлины. В 2018 было принято решение вообще отказаться от пошлин, что вызвало почти полное замещение на рынке европейской продукции китайской. ЕС пытается уйти от такой зависимости от Китая, делая ставку на собственные проекты, такие как масштабный завод по производству панелей в Сицилии, принадлежащий энергетической компании Enel SpA. Но при этом и Enel и другие европейские производители по-прежнему будут зависеть от компонентов китайского происхождения, без которых сборка панелей невозможна.

Основной характеристикой энергосистем является баланс в реальном времени между предложением и спросом на энергию. При развитии и использовании энергии ветра, солнечной энергии и других ВИЭ, которые имеют сильную прерывистость, энергосистема должна достичь баланса между прерывистой выработкой электроэнергии (поставка) и случайно изменяющейся нагрузкой (спрос). При наличии дисбаланса между предложением и спросом на электроэнергию диспетчеризация должна принять меры по снижению нагрузки (когда предложение меньше спроса) или снять ограничения на выработку электроэнергии (когда предложение превышает спрос) для поддержания безопасной и стабильной работы в энергосистеме. Таким образом, фундаментальной причиной простоя ветровых и солнечных мощностей является неспособность обеспечить в реальном времени баланс между предложением и спросом на энергию в энергосистеме.

Ещё одна острая проблема – утилизация солнечных панелей. По прогнозам, к концу 2050 года совокупные глобальные потоки фотоэлектрических отходов достигнут 60–78 млн тонн. В тройку стран с наибольшим объемом прогнозируемых фотоэлектрических отходов войдут Китай, Германия и Япония. Солнечные панели изготавливаются из различных компонентов, включая кремниевые солнечные элементы, металлический каркас, листы стекла, провода, оргстекло. Такие материалы, как металл, стекло и проводка, можно использовать повторно и перерабатывать. Хотя кремниевые пластины не подлежат вторичной переработке, в отличие от стекла и пластика, некоторые специализированные компании по переработке отходов могут повторно использовать кремниевые элементы, расплавляя их и восстанавливая кремний и различные металлы.

Большая часть фотоэлектрических отходов в настоящее время выбрасывается на свалку. По существующей технологии «FRELPA» при переработке 1000 кг отходов кремниевых фотоэлектрических панелей, не перерабатываемыми получают следующие отходы:

1. Загрязненное стекло: 14 кг.
2. Летучая зола (опасные отходы): 2 кг.
3. Жидкие отходы: 306,13 кг.
4. Шлам (опасные отходы): 50,25 кг.

Правильная переработка многих соединений еще не обнаружена, поэтому они выбрасываются на свалки без какой-либо очистки, что наносит вред окружающей среде [2].

Гидроэнергетика уже давно играет важную роль в Европе, и в настоящее время производит около 650 ТВт*ч электроэнергии в год. Хотя это значительный объем, это все еще лишь часть полного потенциала гидроэнергетики.

Одним из основных препятствий для продвижения гидроэнергетики является ее воздействие на окружающую среду, которое включает в себя затопление территорий и дефрагментацию рек, препятствующую свободному течению организмов, а также изменению речного стока и температурного режима. К 2040 году двадцать пять из 120 крупнейших речных систем мира могут пострадать от строительства плотин, причем большинство из них будет расположено в Южной Америке. Это приведет к тому, что глобальное количество свободно текущих речных систем сократится на 21 %.

Учитывая реалии изменения климата, человеческая цивилизация должна следовать в сторону отказа от источников энергии, основанных на сжигании и переходить к низкоуглеродным источникам энергии. А значит, помимо ВИЭ, мы должны рассматривать и ядерную энергетику. Этот вид энергии часто считается противоречивым и сталкивается с серьезным противодействием во многих странах, однако он должен сыграть ключевую роль в смягчении последствий глобального потепления. Мощности атомной

энергетики постоянно растут, на сегодняшний день эксплуатируется порядка 440 ядерных энергетических реакторов общей мощностью около 390 ГВт, которые вырабатывают 2653 ТВтч, что составляет около 10% мировой электроэнергии. Строится около 60 реакторов, преимущественно в Китае, России, Индии. Лидером в этой сфере энергетики выступает Китай, который в настоящий момент разрабатывает или строит 24 новых ядерных реактора. Конечно, общественное мнение не следует сбрасывать со счетов, а ядерные отходы, ядерные аварии и распространение ядерного оружия являются серьезными проблемами, требующими внимания и надлежащего контроля.

В Беларуси большая часть электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями, использующими импортное топливо. До середины 1990-х годов нефть составляла значительную долю топлива, используемого для производства электроэнергии: в 1990 году ее доля составляла 47,8 %, природный газ – 52,1 %, а доля ВИЭ, в основном гидроэнергетики, составляла 0,05 %. Однако к 2000-м годам пропорция радикально сместилась в сторону природного газа, который в настоящее время составляет около 97 %. Тогда же страна начала использовать уголь и ВИЭ (в основном гидро- и биотопливо), но их совокупная доля в общем производстве электроэнергии никогда не превышала 3 %.

В 2010 году был принят закон «О возобновляемых источниках энергии». Закон гарантирует подключение установок ВИЭ к национальной электросети, принадлежащей Белэнерго. Закон также стимулирует развитие источников возобновляемой энергии посредством ценовой политики, налогов и льгот по таможенным пошлинам. В частности, используется схема «зеленых» тарифов. Тарифы устанавливаются как коэффициент к промышленной розничной цене электроэнергии в зависимости от типа ВИЭ, установленной мощности, даты производства и периода работы установки. Первоначально коэффициент для солнечной установки был установлен на уровне 3,0, а для других источников ВИЭ – на уровне 1,3.

Биотопливо и отходы, и, в частности, дрова, традиционно использовались для производства энергии в Беларуси, в основном для целей отопления, однако с очень низким уровнем энергоэффективности. С 2000 года биотопливо и отходы начали играть основную роль в производстве тепловой энергии – на их долю в 2016 году пришлось 863 ТДж.

По состоянию на 2023 год общая установленная электрическая мощность установок ВИЭ составила 632 МВт [3].

Согласно Государственному кадастру возобновляемых источников энергии в Беларуси насчитывается 382 установка ВИЭ [4]. По словам заместителя директора Департамента по энергоэффективности Леонида Полещука [4] на сегодняшний день в Республике Беларусь действуют: 84 фотоэлектрические станции мощностью 272,7 МВт, (крупнейшие – Чериков-

ская ФЭС ООО «Солар Лэнд» (109 МВт), Речицкая ФЭС ПО «Белоруснефть» (56 МВт); 55 гидроэлектростанции мощностью 96,5 МВт, (крупнейшие – Полоцкая (21,6 МВт) и Витебская (40 МВт) ГЭС); 108 ветроэнергетические установки мощностью 122 МВт, (крупнейшие ветропарки – РУП «Гродноэнерго» (9 МВт), ООО «Газосиликат-люкс» (9 МВт); 31 биогазовый комплекс мощностью 40,2 МВт, (крупнейший в СПК «Рассвет им. Орловского» (4,8 МВт); 11 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью порядка 100,5 МВт.

Поэтапное внедрение атомной энергетики в 2020 году негативно повлияло на развитие ВИЭ. Ожидаемый избыток электроэнергии заставил правительство рассматривать ВИЭ как ненужные и дорогие инструменты. В результате было принято решение о снижении «зеленых» тарифов и введения квот. Из-за этих ограничений существенного роста ВИЭ в Беларуси в ближайшем будущем не ожидается.

Заместитель Министра энергетики Ольга Прудникова отметила, что наиболее весомый вклад в чистую энергетику Беларуси внесла БелАЭС. После ввода второго энергоблока потребности страны в электрической энергии будут покрываться на 40 процентов. Два блока выработали уже около 24 миллиардов кВт*ч. При этом выбросы парниковых газов сократились на 12 миллионов тонн эквивалента CO₂ [3].

Сейчас в нашей стране с использованием энергии солнца работает 43 % установок, ветра – 19 %, воды – 15 %, биомассы – 16 %, биогаза – 6 %. В результате объем генерации энергии из ВИЭ к валовому потреблению топливно-энергетических ресурсов достиг 8,3 %. В энергетическом балансе электрической энергии доля ВИЭ, однако, пренебрежимо мала: 1,5 %.

По оценкам Госстандарта, наша страна может позволить себе долю ВИЭ в энергобалансе только на уровне 8–9 %. В ведомстве пришли к выводу, что для нашей страны актуально строить лишь возобновляемые энергоисточники для собственного потребления. Основной упор будет сделан на расширение использования древесного топлива. Это связано с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами ВИЭ.

В данной статье рассматривается текущая ситуация развития ВИЭ и их ограничения. Считается, что большинство ограничений каждого возобновляемого источника энергии можно преодолеть в ближайшем будущем. Помимо технологического прогресса, чтобы воспользоваться преимуществами возобновляемой энергии, необходимы финансирование, а также общественная осведомленность. Отказаться безболезненно и быстро от использования ископаемого топлива не получится в виду разнообразия экономического состояния разных стран мира. Даже в интегрированной европейской энергосистеме, такая система потребует значительных гибких

гарантированных мощностей для балансировки переменной ветровой и солнечной генерации. Эта мощность может быть обеспечена за счет гидроэнергетики, геотермальной энергии, биомассы и накопителей энергии. Текущее состояние в области ВИЭ не может этого обеспечить, поэтому, управляя переходом к новой энергетической системе, мы должны совмещать развитие ВИЭ с развитием использования вторичных энергетических ресурсов, ядерной энергетики.

Литература

1. Кундас, С. П. Основы энергосбережения и нетрадиционные источники энергии: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / С. П. Кундас; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция». – Минск: БНТУ, 2020. – 391 с.
2. Ember - Yearly Electricity Data (2023); Ember - European Electricity Review (2022); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2023) – with major processing by Our World in Data.
3. Divya, A. Review on recycling of solar modules/panels» / A. Divya, T. Adish, P. Kaustubh, P.S. Zade // Solar Energy Materials and Solar Cells, 2023. – Vol.253. – P. 112151.
4. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа: – https://energoeffect.gov.by/news/news-2024/20240129_news3. – Дата доступа: 10.04.2024.

УДК 696.48: 697.34

К вопросу регулирования тепловой нагрузки горячего водоснабжения при использовании пластинчатых теплообменников

Нияковский А. М., Батенкова А. В., Коршун А. А., Милочкина А. Д.
Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой
Новополоцк, Республика Беларусь

С использованием цифровой модели для подбора водоподогревателей горячего водоснабжения исследованы переменные режимы работы пластинчатых теплообменников. Уточнены известные уравнения для определения параметра теплообменника и температуры греющего теплоносителя на его выходе из теплообменника при изменении начальной температуры, что сде-