

Секция IV
СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛОВ
И ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ,
МЕТАЛЛУРГИИ, ЭНЕРГЕТИКЕ
И ЭЛЕКТРОНИКЕ

УДК 620.92

КИЛОВАТТЫ «ЗЕЛеной ЭНЕРГЕТИКИ» В УСЛОВИЯХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

Н. В. Голубцов, О. В. Фёдоров

*Нижегородский государственный технический
университет имени Р. Е. Алексеева, Российская Федерация*

Рассмотрены проблемы «зеленой энергетики» в условиях перехода к новому энергетическому укладу. Показана нацеленность руководства России на обеспечение адаптации российской экономики к глобальному энергетическому переходу и превращение страны в мировую энергетическую державу нового типа.

Эволюция человечества определяется ростом его энергетического потенциала и удельной энерговооруженностью. В развитии энергетики выделяют различные периоды. Сначала использовалась лишь мускульная сила людей и животных. С VIII до XVIII в. часть работы выполнялась с помощью энергии движущейся воды и ветра. С XIX в. началось применение невозобновляемой химической энергии минерального топлива: каменного угля, нефти, природного газа. Применение ископаемого топлива характеризуется динамичным изменением структур первичного энергопотребления, сменой схем энергообеспечения [1]. Такие изменения по предложению чешско-канадского ученого Вацлава Смилы (р. 1943) названы энергетическими переходами (энергопереходами), количество которых уже достигло четырех: 1) переход от биомассы к углю; потребление угля с 1840 по 1900 г. увеличилось с 5 до 50 %; 2) распространение нефти, доля которой выросла с 3 % в 1915 г. до 45 % к 1975 г.; этот период завершился в конце 1970-х гг. нефтяным кризисом; 3) активное использование природного газа; его доля за счет частичного вытеснения угля и нефти выросла с 3 % в 1930 г. до 23 % в 2020 г.; 4) начавшийся в XXI в. 4-й энергопереход отличается от предыдущих тем, что вызван не какой-то одной технологической революцией, например изобретением и массовым использованием паровых машин, а целой серией технологических достижений и прорывов в энергоэффективности [2], [3] и в снижении выбросов парниковых газов (декарбонизации энергетических систем). К драйверам энергоперехода относят возобновляемые источники энергии (ВИЭ), водородную энергетику, накопители энергии, технологии улавливания и захоронения углекислого газа, децентрализованную генерацию, цифровизацию, государственную энергетическую политику [4].

В таких условиях обостряется технологическая и межтопливная конкуренция на мировом энергетическом рынке. Появляется возможность при росте цен на доминирующее топливо предложить альтернативу и потеснить конкурентов на рынке. К октябрю 2021 г. конъюнктура энергетического рынка сложилась так, что храни-

лица в ЕС и Великобритании заполнены менее чем на три четверти. В случае холодной предстоящей зимы возникнет острая нехватка газа. Цены на газ в странах ЕС при дефиците топлива и рыночном характере ценообразования устремились вверх и превысили 1 тыс. долл. за 1 тыс. м³ (по состоянию на 01.10.2021 г.). На ситуацию повлияли как особенности рыночного характера формирования цен на газ, которые (особенности) европейские участники рынка попытались с максимальной выгодой использовать в своих интересах, создав спотовый газовый рынок в противовес долгосрочным контрактам с Газпромом с ценами на газ, привязанными к ценам на нефтепродукты. Одновременно на ситуацию повлияли климатические сюрпризы (теплая зима 2020/2021 гг.) и пандемические локдауны, что привело к существенному снижению потребления газа. В текущий момент росту цен на газ способствуют: холодное начало отопительного сезона в 2021 г.; восстановление мировой экономики после локдаунов более быстрыми темпами, чем ожидалось; серьезное подорожание квот на выброс парниковых газов в Европе; активность спекулятивного капитала на рынке газовых фьючерсов; повышенный спрос на газ со стороны азиатских стран, побудивший экспортеров сжиженного природного газа (СПГ) перенаправить туда свои потоки. Россия богата природными ресурсами, в том числе энергетическими. Это позволяет ей полностью обеспечивать собственные потребности и экспортировать топливные энергоресурсы в другие страны, существенно пополняя бюджет своей страны. В начале 1990-х страны ЕС, не способные обеспечить потребности собственными топливными ресурсами, заговорили об углеводородной зависимости от России. Под лозунгом избавления от этой зависимости Европа начала разворот в сторону освоения ВИЭ: солнце, ветер, геотермальная энергия, энергия приливов и т. п. В первой половине нулевых годов XXI в. акцент в заявляемой причине перехода на ВИЭ смещается с «энергетической зависимости» на «сохранение климата». Под этим лозунгом активно субсидируется разработка, внедрение и использование ВИЭ. К 2010 г. сформировалась иллюзия того, что ВИЭ способны в обозримой перспективе обеспечить до 80 % всех потребностей человечества в энергии. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) общий объем генерирующих мощностей ВИЭ в мире на конец 2020 г. вырос до 2799 ГВт, что на 261 ГВт (на 10,3 %) больше, чем в 2019 г. На гидроэнергетику пришлось 43 % мощностей ВИЭ, еще по 26 % занимают ветровая и солнечная энергетика [5]. Тем не менее, надежды на возможность полноценного замещения традиционных источников энергии нетрадиционными ВИЭ пока не оправдались. Еще в октябре 1975 г. на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, академик П. Л. Капица, опираясь на базовые физические принципы, отвергнул в качестве перспективных все виды «альтернативной энергетике», за исключением управляемого термоядерного синтеза. Главный недостаток нетрадиционных ВИЭ – низкая плотность потока энергии. Существенными их недостатками являются: нестабильность работы в связи с зависимостью от погоды, незащищенность солнечной и ветровой генерации от природных катаклизмов, низкая надежность поставок электроэнергии. Отмечаются большие затраты на передачу «зеленой» энергии в сравнении с традиционной, нерешенность вопросов утилизации компонентов ВИЭ. Недостатки «зеленой энергетике» драматически проявились зимой 2021 г. Доля солнечной и ветровой генерации в Германии к этому году выросла до 33 %. Массовые отказы ВИЭ в январе–феврале 2021 г. поставили половину Европы на грань энергетической катастрофы, которой удалось избежать лишь благодаря Газпрому, резко увеличившему поставки газа в Европу. В аналогичной ситуации оказались жители

ряда регионов Японии и США. Отсутствие доступа к теплу и электроэнергии при массовом выходе из строя ВИЭ привело к человеческим жертвам. Люди попросту замерзали в своих собственных домах. Жители северных префектур Японии травмировались и даже погибали при очистке ото льда и снега панелей солнечных батарей на крышах домов. Летом 2021 г. европейская «зеленая энергетика» отрицательно проявила себя уже в условиях сухой и жаркой погоды. Доля в выработке электроэнергии ветрогенераторами сократилась до 4 % с привычных 15–19 % для стран ЕС. Массовые отключения потребителей от энергоснабжения происходили в штате Техас (США): летом 2019 г. во время сильной жары и при слабом ветре – из-за массового включения кондиционеров, зимой 2021 г. – из-за обледенения лопастей ветрогенераторов. В штате Калифорния (США) в 2020 г. была объявлена чрезвычайная ситуация в связи с нехваткой электроэнергии, когда отключились ветряки из-за установившегося шторма при беспрецедентной жаре.

Приведенные здесь факты проблем «зеленой энергетике» противоречат широко распространяемому с конца прошлого века мнению о скором завершении нефтегазовой эпохи и, как следствие, коллапсе экономики России. Тем не менее, объективные причины необходимости активного внедрения ВИЭ в энергетические системы при стремительном развитии новых энергетических технологий отрицать бессмысленно. Но на сегодняшнем этапе научно-технического прогресса нельзя безоглядно заменять мощные источники атомной и углеводородной энергетике альтернативной им «зеленой энергетикой». Тем не менее факт начавшегося четвертого энергоперехода не оспаривается ни за рубежом, ни в нашей стране. При этом начинает укрепляться осознание того, что новый энергетический уклад следует рассматривать не с позиций избавления от углеводородной энергетике, а с позиций постепенной ее замены источниками энергии, не загрязняющими окружающую среду и обеспечивающими человечество энергией в необходимых объемах. Участники Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ-2021) обсуждали снижение выбросов углекислого газа при добыче и переработке топлива, а также развитие новых источников энергии. Правительством Российской Федерации заявлена проблема темпов энергоперехода. Низкоуглеродная энергетика названа премьер-министром Российской Федерации «новой реальностью». По его словам, до конца 2021 г. будет разработан и утвержден сводный план действий по адаптации экономики России к глобальному энергетическому переходу. Ответственным за координацию действий по энергопереходу назначен первый заместитель председателя Правительства Российской Федерации А. Р. Белоусов. В начале августа 2021 г. российское правительство сообщило об утверждении Концепции развития водородной энергетике. Это свидетельствует о наличии национального потенциала в области производства, применения и экспорта водорода и вхождении России в число стран-лидеров в этой отрасли. Россия также является общепризнанным мировым лидером в области ядерных технологий. При лоббировании «зеленой энергетике» страны запада начинают утрачивать компетенции в области ядерных технологий, Росатом в это время уверенно их наращивает. Например, активно разрабатывает технологии замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ), с освоением которых глобальная проблема обеспечения человечества чистой безуглеродной энергией во многом решится. Огромный технологический потенциал Росатома позволяет госкорпорации также успешно заниматься разработкой альтернативных ВИЭ. Наряду с развитием «зеленой энергетике», к которой сейчас фактически отнесли и ядерную энергетике, руководство России продолжает развивать топливно-энергетический комплекс и в части добычи и ис-

пользования традиционных энергоресурсов. Серьезные меры предпринимаются по освоению арктических богатств, вопреки попыткам западных конкурентов «обнулить углеродный след» и заставить Россию отказаться от освоения Арктики.

Литература

1. Regularities of the formation of structural fields of daily gas consumption of the regional gas supply system / D. Moroz, N. Hruntovich, A. Kapanski [et al.] // E3S Web of Conferences, Saint-Petersburg, 29–30 окт. 2020 г. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01076. – DOI 10.1051/e3sconf/202022001076.
2. Study of gas consumption patterns for sheet glass enterprises / Y. Shenets, D. Moroz, N. Hruntovich [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 may 2020 y. – Prague, 2020. – P. 01039. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801039.
3. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Kapanski, N. Hruntovich, S. Bakhur [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 may 2020 y. – Prague, 2020. – P. 01065. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801065.
4. Голубцов, Н. В. Проблемы перехода к энергосберегающему управлению / Н. В. Голубцов, О. В. Федоров // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 6 (99). – С. 146–149.
5. В 2020 году в мире был отмечен рекордный прирост возобновляемых энерго мощностей. – Режим доступа: <http://www.finmarket.ru/news/5443465>. – Дата доступа: 03.10.2021.

УДК 621.311

РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С. Г. Жуковец, Е. В. Койпиш

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предлагается использование кластерного анализа (структурной группировки) для оценки энергетической эффективности как новых производств, так и длительно функционирующих производств. По динамике вида структурных моделей и их показателей предлагается оценивать энергетическую эффективность. Представлены результаты исследования структуры электропотребления нового завода по выпуску беленой целлюлозы.

Использование математико-статистического моделирования и методов анализа позволяет учитывать как качественные, так количественные изменения, которые затронули в последние годы промышленные производства Республики Беларусь. Режимы энергопотребления зависят от многих факторов, подверженных значительным возмущениям. Одним из возможных путей учета структурной неоднородности является применение аппарата кластерного анализа. На первом этапе исследования режимов электропотребления производств для оценки эффективного использования ЭЭ можно провести *кластеризацию суточного электропотребления* ($W_{\text{сут}}$). Кластерный анализ (структурная группировка) представляет собой методологию проведения классификации неоднородных статистических данных [1], [2]. Целью анализа является выделение в исходных многомерных данных однородных подмножеств, чтобы объекты внутри групп были похожи в известном смысле друг на друга, а объекты из разных групп – не похожи. Применительно к задаче классификации $W_{\text{сут}}$ либо любого другого энергоресурса предполагается разбиение совокупности суточного расхода ресурса на группы, объединяющие дни с близкими значениями в классе. Если по оси X отложить количество дней в классе, а по оси Y , среднесуточное