

К 2025 году между странами формируется своеобразная гонка: кто сможет первым предложить зелёный водород в диапазоне \$1–1,5/кг в стабильном промышленном объёме? Каждая страна использует свою стратегию. Ближний Восток делает ставку на гигантские масштабы и низкую себестоимость. Европа опирается на интеграцию и регулирование. Австралия выстраивает экспортные маршруты. Россия связывает водород с региональными программами декарбонизации и диверсификации.

Общее между этими подходами — понимание, что водород становится не заменой нефти, а основой новой индустриальной архитектуры. Он трансформирует металлургию, химическую промышленность, производство удобрений, транспорт и энергетическую инфраструктуру. Страны, успевшие запустить мегапроекты сегодня, завтра смогут диктовать условия формирования рынка, где цена ниже \$1,5/кг станет нормой, а не исключением.

Список использованных источников

1. International Energy Agency. Global Hydrogen Review 2024. Paris: IEA, 2024. 188 p.
2. BloombergNEF. Hydrogen Levelized Cost Update 2025. London: BNEF, 2025. 54 p.
3. Australian Government. Hydrogen Strategy Progress Report 2024. Canberra: Commonwealth of Australia, 2024. 102 p.
4. HyDeal España Consortium. HyDeal Europe Technical and Economic Framework. Madrid, 2024. 97 p.

УДК 620.92:658.5

В.А. Шкред, Е.С. Данильчик

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ И СИСТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Аннотация. В статье анализируются подходы к внедрению возобновляемых источников энергии и систем восстановления ресурсов в управление производственными

процессами. Отмечается значение энергоэффективности, экономики замкнутого цикла и международных инициатив, включая Европейский «Зеленый курс» и ISO 50001.

V.A. Shkred, E.S. Danil'chik
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

EFFICIENT PRODUCTION: INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY AND RESOURCE RECOVERY SYSTEMS INTO PRODUCTION MANAGEMENT

***Abstract.** The paper analyzes approaches to the introduction of renewable energy sources and resource recovery systems in the management of production processes. The importance of energy efficiency, closed-loop economics, and international initiatives, including the European Green Deal and ISO 50001 is highlighted.*

Современная промышленность сталкивается с необходимостью перехода к устойчивым моделям развития, где производственная эффективность тесно связана с рациональным использованием энергии и ресурсов. Рост цен на энергоресурсы, экологические требования и международные климатические обязательства формируют новый формат управления производством, основанный на интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и систем восстановления ресурсов.

В рамках глобальных инициатив, таких как Европейский «Green Deal», устойчивое развитие определяется через энергоэффективность, декарбонизацию и замкнутый производственный цикл. Республика Беларусь адаптирует эти подходы, делая акцент на совершенствовании производственного управления и повышении энергоэффективности промышленных предприятий.

По мнению Р. Емисова и соавторов, энергоэффективность – это «использование меньшего количества энергии для выполнения той же работы или достижения того же результата» [1]. В белорусских условиях данный принцип приобретает стратегическое значение, поскольку экономика страны нуждается в улучшении энергоемкости производства, что делает оптимизацию энергопотребления одним из ключевых направлений модернизации. Одним из эффективных решений является внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением: автоматизированное освещение, регулирование микроклимата и цифровой мониторинг производственных процессов. Применение энергоэффективных технологий – LED-освещения, современных теплоизоляционных материалов, частотных преобразователей – рассматривается как элемент формирования «умного» производства.

В международной практике аналогичные подходы объединены в систему Energy Management Systems (EnMS), закрепленную в стандарте ISO 50001. Беларусь, реализуя Государственную программу по энергосбережению, также движется к интеграции подобных систем на уровне крупных предприятий и промышленных парков.

Циркулярная экономика представляет собой основу устойчивого промышленного развития. Л. Г. Матвеева и ее коллеги определяют ее как «модель, в которой производство и потребление организованы по замкнутому циклу – ресурсы используются максимально, отходы минимизируются, а материалы возвращаются в производственный оборот» [2].

Для белорусской промышленности, ориентированной на экспорт и обладающей развитой перерабатывающей базой, этот подход особенно важен. Встраивание систем восстановления ресурсов требует создания внутренних контуров рециклинга, повторного использования сырья и проектирования продукции с учетом жизненного цикла. На уровне управления это реализуется через корпоративные программы устойчивого производства и государственные инициативы по развитию «зеленой» экономики.

Примером может служить деятельность белорусских предприятий деревообрабатывающего и пищевого секторов, где отходы производственных процессов превращаются во вторичные ресурсы – биотопливо, кормовые добавки, упаковочные материалы. Эти практики соответствуют международным принципам «zero waste production» и «closed-loop manufacturing», активно применяемым в компаниях EU и OECD [2].

И. С. Мокрышев рассматривает использование возобновляемых источников энергии – солнечной, ветровой и биогазовой – в проектах распределенной генерации как инструмент повышения устойчивости энергоснабжения [3]. Для промышленных предприятий распределенная генерация открывает возможность локального энергоснабжения: установка солнечных панелей, биогазовых установок или мини-ТЭЦ на базе вторичных энергоресурсов. Это обеспечивает энергетическую автономность, снижение затрат и экологическую безопасность.

С управленческой точки зрения интеграция ВИЭ требует внедрения цифровых инструментов мониторинга, оптимизации нагрузок и прогнозирования энергоэффективности. Эти принципы созвучны международным тенденциям «Industry 4.0», где децентрализованные энергосистемы становятся частью цифровой архитектуры «умного производства».

Республика Беларусь уже имеет положительный опыт внедрения подобных решений – в частности, в промышленных парках и агропромышленных кластерах, где локальные ВИЭ-установки используются для обеспечения технологических циклов и отопления производственных помещений. В перспективе это направление может стать ключевым элементом стратегии национальной энергетической безопасности.

Современная модель эффективного производства объединяет энергоэффективность, возобновляемую энергетику и циркулярную экономику в единую систему стратегического управления. В ее основе лежит понимание, что устойчивое развитие – не только экологическая, но и экономическая категория, напрямую влияющая на конкурентоспособность предприятий.

Для Республики Беларусь интеграция ВИЭ и систем восстановления ресурсов в управленческие процессы позволяет не только повысить технологический уровень промышленности, но и обеспечить выполнение международных обязательств по снижению углеродного следа. В перспективе это открывает доступ к «зеленым» инвестициям и новым рынкам, где экологическая ответственность становится критерием деловой репутации.

Важным международным ориентиром для Республики Беларусь является интеграция принципов Integrated Sustainable Waste Management (ISWM) – интегрированного устойчивого управления отходами. Данная модель управления отходами выступает как системная часть производственного цикла, включающая извлечение энергии из биомассы, повторное использование тепла и замкнутые водные циклы. К. Мустакас отмечает, что именно комбинация технологий термохимического разложения, биогазовых установок и вторичного использования тепловой энергии формирует основу для устойчивого производства [5]. Для Беларуси внедрение подобных решений становится ключевым направлением в контексте государственной стратегии по развитию «зеленой экономики» до 2030 года.

Кроме того, концепция ISWM предполагает переход от традиционного управления отходами к комплексной системе восстановления ресурсов, где каждый элемент – от утилизации до энергетической переработки – встроен в систему производственного управления. Этот подход соответствует международным тенденциям ESG (Environmental, Social, Governance), ориентированным на прозрачность, эффективность и долгосрочную устойчивость бизнеса.

Еще одним важным понятием считается процессная интеграция (Process Integration, PI), которая рассматривается как методологический фундамент для реализации циркулярной экономики в энергетических и промышленных системах. Подход PI направлен на выявление и использование внутренних потенциалов системы – прежде всего, восстановления энергии и материалов внутри технологических цепочек – путем анализа потоков энергии, массы и эксергии и последующей оптимизации их взаимосвязей. Применение PI позволяет минимизировать внешние энергопотребления с отходами за счет перераспределения и каскадного использования тепла и материалов, что лежит в основе замкнутых циклов производства.

Я. Клемес, П.С. Варбанов и Т.Г. Уолмсли подчеркивают необходимость комбинирования PI с возобновляемыми источниками энергии и гибридными энергетическими системами. PI помогает оптимально распределять потоковые нагрузки и направлять избыточную или низкопотенциальную энергию туда, где она будет наиболее полезна, что повышает эффективность использования ВИЭ в промышленных циклах. Кроме того, интеграция цифровых моделей и оптимизационных алгоритмов дает возможность синхронизировать производство, хранение и потребление энергии, что критично при встраивании переменных ВИЭ (солнечные/ветровые установки) в производство [4].

Подытожив, интеграция циркулярных принципов в систему управления производством позволяет снизить себестоимость продукции, уменьшить зависимость от импортного сырья и повысить экологическую устойчивость. Это создает основу для формирования конкурентоспособной модели индустриального развития Беларуси, ориентированной на принципы ESG-управления.

Список использованных источников

1. Емисов, Р. Энергоэффективность и сохранение ресурсов / Р. Емисов и др. // Символ науки. – 2024. – Т. 2-1, №10. – С. 79–80.
2. Матвеева, Л. Г. Модели циркулярной экономики в ресурсобеспечении индустриального развития регионов / Л. Г. Матвеева и др. // Пространство экономики. – 2022. – №3. – С. 116–132.
3. Мокрышев, И. С. Пространственная организация использования возобновляемых источников энергии в проектах распределенной генерации в российской федерации : дис. канд. эконом. наук : 5.2.3 / И. С. Мокрышев. – Москва, 2025. – 221 с.
4. Klemes, J. J. Process Integration and Circular Economy for Renewable and Sustainable Energy Systems / J. J. Klemes, P. S. Varbanov, T. G.

Walmsley // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – Vol. 116. – P. 27–34.

5. Moustakas, K. Energy and resource recovery through integrated sustainable waste management / K. Moustakas, M. Rehan, M. Loizidou // Applied Energy. – 2020. – Vol. 261. – P. 106–114.

УДК 338.2

А.Ю. Смелкова, Н.Ю. Трясцина
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ООО «НПК ПРОТЭКТ»

***Аннотация.** В статье рассматривается система мониторинга экологической безопасности на примере ООО «НПК Протэкт». Описаны основные компоненты системы, методы сбора и анализа данных.*

A.Yu. Smelkova, N.Yu. Tryashtsina
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after
K. A. Timiryazev
Moscow, Russia

ENVIRONMENTAL SAFETY MONITORING OF NPC PROTECT LLC

***Abstract.** The article discusses the environmental safety monitoring system using the example of NPC Protect LLC. The main components of the system, methods of data collection and analysis are described.*

Компания ООО «НПК Протэкт», специализируется на изготовлении полимерной продукции. В связи с ужесточением экологических норм, предприятие считает необходимым разработку и применение действенной системы контроля экологической безопасности. В статье мы проанализируем ключевые элементы мониторинга экологической безопасности, осуществляемого ООО «НПК Протэкт».

Создание продукции из полимеров подразумевает применение разнообразных химических соединений, способных существенно влиять на состояние окружающей среды. По причине выбросов в атмосферу и загрязнения воздуха, контроль за экологической