

**Европейская экономическая комиссия**

Комитет по устойчивой энергетике

**Группа экспертов по энергоэффективности****Восьмая сессия**

Женева, 20–21 сентября 2021 года

Пункт 5 предварительной повестки дня

**Повышение энергоэффективности в промышленности****Путь к сокращению выбросов парниковых газов  
в обрабатывающей промышленности: детерминанты  
для экономической оценки мер по декарбонизации  
промышленности****Записка секретариата***Резюме*

Целевая группа по повышению энергоэффективности в промышленности, следуя своему Плану действий по повышению энергоэффективности в промышленности (ECE/ENERGY/GE.6/2020/3), провела исследование, посвященное возможным экономическим мерам по снижению выбросов промышленных парниковых газов. Результаты этого исследования содержатся в настоящем документе.

Целевая группа по повышению энергоэффективности в промышленности утверждает, что снижения выбросов парниковых газов до достижения чистого нулевого баланса можно добиться с помощью широкого спектра мер. Она определяет шесть типов мер, которые различаются по своему влиянию на инвестиции и эксплуатационные расходы. Эти меры сгруппированы в три категории: сокращение, замена и компенсация. В настоящем документе названные меры оцениваются с экономической точки зрения, а также с точки зрения необходимых действий и их последствий.



## I. Введение

1. При поиске экономически эффективного сочетания мер для достижения чистого нулевого баланса выбросов необходимо четко определить, с одной стороны, момент времени, к которому это должно произойти, а с другой — наличие структурных ограничений при выборе доступных инструментов.
2. Также крайне важно внести ясность в терминологию и добиться единообразного понимания среди заинтересованных сторон, с тем чтобы не заниматься аспектами, не столь важными для достижения цели, упуская при этом другие, действительно необходимые<sup>1</sup>. Считается, что способы достижения «углеродной нейтральности» и «климатической нейтральности» различаются, поэтому отождествление этих целей может быть одним из примеров недостаточной ясности.
3. Возможно, основная причина этой частой путаницы кроется в том, что ограничение выбросов парниковых газов (ПГ, включая диоксид углерода, CO<sub>2</sub>) измеряется в таких единицах, как «эквивалент диоксида углерода» (экв. CO<sub>2</sub>), в которой приставка «экв.» может быть утеряна, в результате чего целевой показатель может свестись к «углеродной нейтральности». Ситуация не сильно отличается, когда речь идет об определении следа выбросов (рис. I).

Рис. I

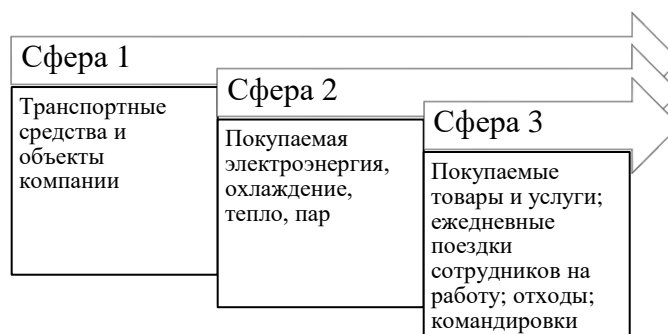
**Показатели углеродной, климатической и экологической нейтральности и кадастры ПГ, которые они включают**

<b>Экологическая нейтральность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub>, нефторсодержащие ПГ (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), фторсодержащие ПГ (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>), другие вещества, негативно влияющие на окружающую среду и здоровье, в том числе дисперсные вещества, сажа, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub></li> </ul>
<b>Климатическая нейтральность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub>, нефторсодержащие ПГ (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), фторсодержащие ПГ (HFC, ПФУ, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>)</li> </ul>
<b>Угольная нейтральность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы CO<sub>2</sub></li> </ul>

4. То, как заинтересованные стороны определяют системные барьеры для своей деятельности по декарбонизации, также влияет на сферу охвата и элементы этой деятельности (рис. II). И если элементы Сферы 1 и Сферы 2 часто находятся под непосредственным контролем компаний, то Сфера 3 включает косвенные выбросы, которые труднее поддаются контролю.

<sup>1</sup> См. URL: [https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/geee/geee7\\_Sept2020/GEEE-7.2020.INF.2\\_final\\_v.2.pdf](https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/geee/geee7_Sept2020/GEEE-7.2020.INF.2_final_v.2.pdf).

Рис. II  
Сфера охвата оценки углеродного следа (на основе протокола ПГ)



Источник: World Resources Institute, available at: <https://bit.ly/3dkkvEG>.

5. В регионе Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК) в ряде законодательных инициатив можно отметить тенденцию к достижению климатической нейтральности «в момент передачи». Тем не менее целевая величина, целевой охват и то, как они понимаются, различаются. Поэтому изначально необходимо добиться единообразного понимания и определить четкую минимальную цель с учетом показателей отдельных участников и внешних факторов.

6. Кроме того, существуют и другие соответствующие термины, которые должны единообразно пониматься лицами, ответственными за принятие решений, в частности «энергетические выбросы» и «технологические выбросы». Энергетические выбросы возникают при преобразовании энергоносителей, например, в электроэнергию. Технологические выбросы, например, побочные продукты или выбросы метана в животноводческих хозяйствах, возникают в процессе производства.

7. В то время как определение энергетических выбросов не представляет трудности, когда имеются данные о потреблении в разбивке по источникам энергии и структуре (электроэнергетический баланс), которые умножаются на соответствующий коэффициент выбросов, эта задача оказывается более сложной в случае технологических выбросов: во-первых, их часто путают с выбросами энергетического характера во время производственного процесса<sup>2</sup>; во-вторых, фактические технологические выбросы труднее точно измерить, они могут быть трудно уловимыми или о них может быть неизвестно вообще. Компаниям, которые должны отчитываться о своих технологических выбросах (и платить за них), с большей степенью вероятности будет известен энергетический след своей деятельности, поскольку энергетические выбросы сравнительно легко идентифицировать, и (в случае электроэнергии) они часто уже учтены в цене энергии, выставляемой ее поставщиками, и, следовательно, являются заметным фактором себестоимости.

8. Также необходимо разбираться в системе ценообразования на выбросы (когда применимо) и понимать, включает ли система ценообразования явно все выбросы ПГ (эквиваленты CO<sub>2</sub>) или только CO<sub>2</sub>, применяется ли она к энергетическим или технологическим выбросам, или к обоим, или же лишь к конкретным отраслям промышленности.

9. Ниже речь пойдет главным образом о выбросах, которые могут непосредственно контролироваться компаниями. Для этого определяются три основные категории мер по декарбонизации:

- a) сокращение выбросов парниковых газов за счет адаптации (повышения эффективности) бизнес-процессов;
- b) замена источников энергии и материалов (предотвращение выбросов);
- c) компенсация выброшенных ПГ.

<sup>2</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Emission factor database, available at: <https://bit.ly/3wuVAEG>.

## II. Виды мер и их воздействие

10. Типы мер, оцениваемых в рамках данного документа, обобщены в таблице. Знание экономического эффекта этих категорий мер уже сейчас может помочь в выборе и определении приоритетности возможных мер для достижения чисто нулевого баланса выбросов. Однако для определения экономически эффективного набора мер необходимо также учитывать взаимосвязи более высокого уровня и внешние факторы.

### Обзор шести типов мер и их воздействия

Категория	Мера	Потенциальный экономический эффект		Примеры
		Единовременные расходы	Длительный эффект	
Уменьшение	1. Потребление энергии	Первоначальные инвестиции	Снижение затрат на энергию Сокращение энергетических выбросов	Замена оборудования Установка системы терморегулирования
	2. Технологические выбросы	Первоначальные инвестиции	Снижение или увеличение затрат на энергию Снижение или увеличение производственных затрат Сокращение технологических выбросов	Производство стали с использованием железа прямого восстановления 3D-печать
Замена	3. Генерация на месте на основе возобновляемых источников энергии	Первоначальные инвестиции	Снижение затрат на энергию Сокращение энергетических выбросов Возможное увеличение затрат на техническое обслуживание	Установка фотоэлектрических систем Рекуперация отработанного тепла
	4. Покупка возобновляемой энергии	Первоначальные инвестиции	Увеличение затрат на энергию Сокращение энергетических выбросов	Договоры о покупке электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников
Компенсация	5. Сертификаты и проекты	–	Увеличение расходов Отсутствие влияния на энергетические и технологические выбросы	Торговля углеродными кредитами Финансирование экологических проектов по всему миру
	6. Улавливание, использование и хранение углерода	Первоначальные инвестиции	Увеличение производственных затрат Отсутствие влияния на затраты на энергию Сокращение чистых выбросов	Мощности для улавливания, использования и хранения углерода

## **A. Сокращение**

11. В эту категорию включаются те типы мер, которые, независимо от источника энергии, приводят к сокращению выбросов.

а) Сокращение потребления энергии за счет различных избирательных или системных мер по повышению энергоэффективности, позволяющих сохранить количество или качество выпускаемой продукции при меньших затратах энергии (мера 1). Сокращение количества энергии, необходимой для достижения определенного объема производства, ведет не только к снижению затрат на энергию, но и к сокращению выбросов, связанных с энергопотреблением. В зависимости от типа меры требуются различные разовые усилия, которые в большинстве случаев связаны с инвестициями для приобретения и установки более эффективных товаров, машин и оборудования. Однако соответствующей экономии также можно добиться за счет организационных и информационно-просветительских мер (например, выключение освещения или приборов, которые не нужны) и оптимизированного использования существующих систем управления (например, регулирование отопления) без инвестиций в оборудование. Количество энергии, необходимое для производства единицы продукции, постоянно уменьшается по мере повышения энергопроизводительности (доход на единицу энергии). Чем выше доля затрат на энергию в товаре, тем более значительное влияние повышение энергоэффективности оказывает на энергопроизводительность и конкурентоспособность.

б) Сокращение технологических выбросов, которое зачастую возможно только при условии коренной реорганизации самого производственного процесса, изменения формы используемой в этом процессе энергии или их сочетания (мера 2). Для устранения структурно обусловленных технологических выбросов путем адаптации процесса требуются значительные единовременные инвестиции. Помимо инвестиций, в период переоборудования и наладки возникнут также производственные потери. Поэтому такие модификации имеют смысл при необходимости проведения капитального ремонта. По сравнению с первоначальным процессом, выбросы на единицу продукции уменьшаются, однако влияние на энергетические и другие производственные затраты зависит от выбранной альтернативной технологии производства. Поэтому может случиться так, что затраты энергии на единицу продукции возрастут. Поэтому очень важно оценивать, как переход на новые технологии отразится на выбросах, потреблении энергии и затратах. Не останавливаясь на этом моменте подробно, следует тем не менее упомянуть, что в эту категорию попадает также сокращение выбросов за счет снижения доли брака и более эффективного использования материалов или отходов, обрезков или других остатков. Эти меры по повышению эффективности использования материалов и ресурсов также позволяют сократить затраты, поскольку для производства того же объема продукции требуется меньше сырья, либо объем производства может быть увеличен.

## **B. Замена источников энергии**

12. Замена включает в себя меры, благодаря которым один источник энергии заменяется другим на эквивалентной основе.

а) Замена на возобновляемую энергию, вырабатываемую собственными силами (включая гидравлическую, ветряную, геотермальную, солнечную энергию, энергию биомассы и т. д.) или рекуперированную (например, тепловые насосы, преобразование отработанного тепла и другие технологии, граничащие с мерами по повышению энергоэффективности) (мера 3). Для изучения того, какой тип генерации возможен в данном месте, а также для приобретения, установки и подключения технологий требуются единовременные инвестиции. Хотя некоторые возобновляемые источники энергии гарантируют непрерывную подачу энергии (например, геотермальная энергия), поток энергии из большинства источников не является постоянным, что требует создания соответствующей системы хранения энергии (например, тепловой, электрической, механической или химической) для обеспечения

непрерывной подачи энергии, управления пиковой нагрузкой и/или повышения гибкости энергоснабжения<sup>3</sup>. Вместо одновременных инвестиций в создание системы хранения энергии или в дополнение к ним можно также проанализировать, какие потребители энергии могут быть автоматически и безопасно отключены частично или полностью (или переведены на другой источник энергии) в периоды недостаточной генерации. В принципе, можно рассмотреть девять форм реагирования на изменение спроса на энергию, однако в настоящем документе этот вопрос более подробно не обсуждается. Несмотря на затраты на техническое обслуживание и ремонт, текущие расходы на собственное производство энергии в большинстве случаев сравнительно невелики.

b) Замещение за счет покупки энергии из возобновляемых источников (получение извне из местных тепловых сетей, с биогазовых установок и т. д.) (мера 4). В большинстве случаев это не требует одновременных инвестиций. Однако, несмотря на технологические достижения и другие факторы, ведущие к повышению конкурентоспособности, цена на энергию, полученную из возобновляемых источников, зачастую по-прежнему превышает цену при традиционной генерации. В то же время, во многих случаях это позволяет снизить энергетические выбросы практически до нуля. Замена материалов также может способствовать сокращению выбросов, особенно «товарного» следа.

## C. Компенсация

13. Компенсация относится к тем добровольным и недобровольным мерам, которые сами по себе не предотвращают энергетические или технологические выбросы, а направлены на нейтрализацию их последствий.

a) Компенсация через сертификаты или проекты по защите климата, в связи с которой можно выделить два типа мер: торговля сертификатами и финансирование проектов (направленных на сокращение выбросов в других местах) (мера 5). Хотя покупка сертификатов происходит избирательно, а проекты финансируются на одновременной основе, при проведении общей финансовой оценки необходимо учитывать транзакционные издержки. Более того, выбросы энергетического и технологического характера остаются неизменными и продолжают иметь место из-за продолжающейся экономической деятельности. Следовательно, расходы на их компенсацию приобретают бессрочный характер.

b) Компенсация за счет улавливания и хранения выбросов (улавливание и хранение углерода (УХУ)) и их последующей переработки и использования в качестве сырья в других производствах (улавливание и утилизация углерода (УУУ)), например, в химической промышленности или в производстве строительных материалов (мера 6)<sup>4</sup>. Пока существует лишь несколько подобных предприятий, зачастую экспериментальных. Соответственно, информация о прогнозируемых капитальных и эксплуатационных затратах по-прежнему является скудной. Кроме того, эти затраты в значительной степени зависят от того, как и где будут храниться выбросы, как они будут улавливаться и транспортироваться в места хранения. Кроме того, для работы установок УХУ/УУУ требуется энергия, что означает дополнительные затраты на энергию (а в случае УХУ и вероятность возникновения дополнительных затрат на транспортировку и хранение). В итоге, происходит не сокращение текущих выбросов, а предупреждение связанного с ними ущерба, текущие расходы на энергию в связи с осуществлением экономической деятельности остаются неизменными, а предприятие несет дополнительные затраты на энергию, эксплуатацию, транспортировку и хранение в связи с использованием установки УХУ/УУУ (которые в случае УУУ могут быть частично компенсированы дополнительными доходами).

<sup>3</sup> См. URL: <https://unece.org/info/Sustainable-Energy/Energy-Efficiency/events/18744>.

<sup>4</sup> IPCC (2018): Carbon Dioxide Capture and Storage, <https://bit.ly/3yGwVhI>.

### III. Обзор внешних факторов

14. После общего экономического анализа типов мер их необходимо оценить в контексте индивидуальных целей и общей системы, в которой функционирует субъект (т. е. нормативно-правовых требований, географических условий и рыночной конъюнктуры, с одной стороны, и ожиданий общества и их влияния на поведение субъекта — с другой)<sup>5</sup>.

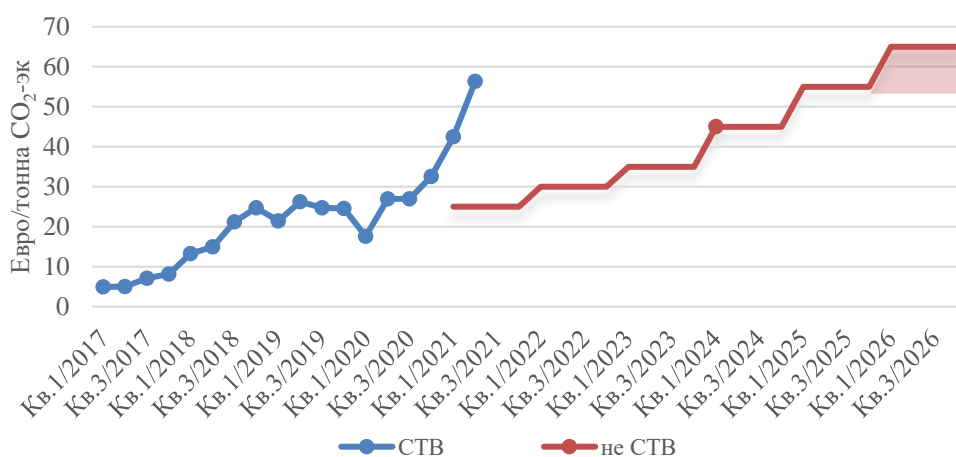
15. С точки зрения «простоты» и «быстроты» осуществления, покупка возобновляемых источников энергии (мера 4) или инвестиции в сертификаты выбросов и в проекты по защите климата (мера 5) представляются наиболее очевидными решениями. В то же время решение о простом изменении тарифа на электроэнергию приведет к избыточному спросу на наименее затратный вариант (это особенно актуально в тех регионах, где расширение инфраструктуры для генерации и передачи электроэнергии, произведенной на основе возобновляемых источников, отстает от роста спроса на нее. Следует также отметить ограниченное наличие сертификатов выбросов и заслуживающих доверия проектов по защите климата (и тех, кто может их определить, проверить, спланировать и реализовать).

### IV. Учет колебаний цен

16. Разовые экономические эффекты и постоянное воздействие мер должны дополняться учетом последствий изменения цен энергии и выбросов, поскольку эти изменения влияют на величину издержек с течением времени. Хотя текущие затраты со временем меняются, эти изменения часто соразмерны обычному повышению цен и поэтому могут быть оценены. Напротив, цены на энергоносители часто подвержены более значительным колебаниям, в том числе из-за политических факторов. Например, история цен в Системе торговли выбросами Европейского союза (СТВ) позволяет говорить о ярко выраженной повышательной динамике (рис. III).

Рис. III

**Пример изменения цен на выбросы в рыночной СТВ и системе фиксированных цен со ступенчатым повышением (цены на энергетические выбросы, не охваченные СТВ, в Германии)**



<sup>5</sup> В странах и регионах, где энергетические и/или технологические выбросы имеют цену, текущие затраты в расчете на единицу соответствующего вида выбросов, вероятно, будут выше. Если в стране или регионе, где компания производит продукцию, плата за выбросы отсутствует, а в регионе, куда компания экспортирует продукцию, к этим выбросам углерода применяются пограничные компенсаторные меры (ПКМ), то в связи с выбросами, материализованными в товарах, которые экспортируются в страну или регион с действующими ПКМ, будут возникать дополнительные текущие расходы. Это также определяет эталонный сценарий «бездействия».

17. На цены выбросов и энергии влияют разные факторы, которые, тем не менее, могут влиять и друг на друга (например, рост цен на «зеленую» электроэнергию из-за увеличения спроса на электроэнергию из возобновляемых источников при росте цен на выбросы, если только глобальное производство энергии из возобновляемых источников не растет настолько, что значительного роста цен не происходит). Поэтому в связи с ожидаемым колебанием цен ниже рассматриваются пять из шести типов мер. За основу для сравнения взят базовый сценарий, при котором компания не защищена от колебаний цен как на энергию, так и на выбросы.

18. Последствия принятия меры по сокращению:

a) сокращение потребления энергии по сравнению с базовым сценарием при условии, что энергия закупается у внешнего поставщика, и, таким образом, ослабление зависимости от изменения цен на энергию в условиях снижения ее потребления;

b) сокращение выбросов по сравнению с базовым сценарием, независимо от того, какой источник энергии в конечном итоге используется и идет ли речь о сокращении энергопотребления или выбросов, и, следовательно, ослабление зависимости от изменения цен на выбросы в условиях их уменьшения.

19. Последствия принятия мер по замене:

a) значительное сокращение выбросов, поскольку связанные с выбросами затраты снижаются по сравнению с базовым сценарием. В случае полной замены зависимость от динамики цен на выбросы исчезает, так как прямые выбросы отсутствуют;

b) устранение зависимости от динамики цен на энергию в случае полной замены источников энергии за счет перехода на самостоятельную генерацию, так как отсутствуют прямые затраты на энергию;

c) зависимость от динамики цен на энергоносители и доступности возобновляемых источников энергии, когда речь идет о замене источников энергии за счет покупки энергии, произведенной на основе возобновляемых источников. От тарифной политики и ценообразования поставщика зависит наличие гарантий поставок или же согласование фиксированной цены в расчете на единицу энергии или использование текущей спотовой цены.

20. Последствия принятия меры по компенсации:

a) объем выбросов остается неизменным по сравнению с базовым сценарием, а связанные с выбросами расходы по сравнению с базовым сценарием снижаются, так как «штрафные издержки» (относящиеся к ценам на выбросы) превышают стоимость сертификата или проекта;

b) потребление энергии остается неизменным по сравнению с базовым сценарием;

c) зависимость от динамики цен сертификатов/проектов, если речь идет о полной компенсации с помощью сертификатов или проектного финансирования. При росте цен на выбросы это может привести к тому, что многие компании будут делать упор на такой компенсации, что приведет к росту спроса на сертификаты или проекты и, соответственно, к росту цен. При наличии политической или общественной реакции такое повышение цен может быть значительным.

21. Альтернативные издержки, особенно связанные с колебаниями цен на энергию и выбросы, необходимо систематически учитывать при расчете экономической эффективности или анализе экономической целесообразности альтернативных действий. Новая процедура и рекомендуемые действия предлагаются и подробно объясняются в неофициальном документе «Recommendations for an economic



assessment of industrial decarbonization options» («Рекомендации по экономической оценке вариантов промышленной декарбонизации») (GEEE-8/2021/INF.2)<sup>6</sup>.

## V. Заключение

22. В зависимости от характера экономической деятельности (включая размер компании, ее энергоемкость и удельные показатели выбросов, горизонт экономического планирования и т. д.), единовременные и текущие затраты играют разную роль. Более того, эта роль может меняться со временем, например, если меняются рамочные условия или если были реализованы наиболее эффективные с экономической точки зрения меры, но целевой показатель сокращения выбросов не был достигнут.

23. Расчеты экономической эффективности отдельных мер затем должны оцениваться и в первоочередном порядке учитываться при установлении цен на энергию и выбросы. Описанные расчеты должны проводиться применительно ко всем имеющимся альтернативным вариантам действий, с тем чтобы определить наиболее экономически эффективный на данный момент комплекс мер. Учитывая изменчивость цен на энергию и выбросы и усилия, необходимые для оценки возможных альтернатив, имеет смысл рассматривать экономические аспекты вместе с техническими и другими влияющими факторами, в идеале в рамках цифровой модели.

24. Существуют промежуточные целевые показатели, а также сроки их достижения: внутри страны, как минимум, определяется год, к которому должен быть достигнут целевой уровень выбросов, и этот рубеж зачастую дополняется промежуточными контрольными датами (годами) и уровнями выбросов. Большое значение имеют, однако, и политические вехи. Многие страны и регионы установили промежуточные целевые показатели на 2030 год, стремясь добиться чистого нулевого баланса не позднее 2050 года. Учитывая быстро меняющиеся условия, а также для обеспечения сопоставимости с обычными расчетами экономической эффективности, имеет смысл также уделять внимание первым трем годам после начала работы. Поскольку идеальное сочетание мер не может быть статичным: оно эволюционирует во времени, необходимо уделять внимание финансовым результатам осуществления выбранных мер к определенному целевому году. Это позволит избежать выбора такого набора мер, который в долгосрочной перспективе окажется очень дорогостоящим, и в то же время поможет принимать меры, экономически более выгодные по сравнению с той комбинацией, на которую указывают традиционные методики расчетов.

25. В результате создается научно и технически обоснованный инструмент принятия решений и планирования для краткосрочных и долгосрочных наблюдений и оценки воздействия, который также учитывает факторы, на которые можно оказать влияние. Например, выстраивание производственных процессов по времени и объемам производства в зависимости от наличия возобновляемой энергии позволяет оптимизировать закупки и способствует поддержанию стабильности энергосистемы.

26. Учитывая описанные меры, взаимозависимости и методики расчета, можно утверждать, что использование цифровых технологий открывает возможность для квазидинамического определения наиболее экономически эффективного набора мер для выхода на чистый нулевой баланс выбросов.

---

<sup>6</sup> Настоящий документ и упоминаемый документ GEEE-8/2021/INF.2 являются расширенной версией исследования С.М. Бюттнера и соавторов (S.M. Buettner et. al., Rainer Hampp Verlag, 2021), адаптированной к условиям региона ЕЭК и международному контексту.