

Научная статья

Original article

УДК 338.24

doi: 10.55186/2413046X\_2024\_9\_6\_292

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКТА В ЭКОНОМИКЕ  
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА**

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING AI TO MANAGE THE  
PRODUCT LIFECYCLE IN A CLOSED-LOOP ECONOMY**



**Шипилова Таисия Алексеевна**, аспирант, кафедры «Экономики промышленности», Российский экономический университет имени им. Плеханова, Москва

**Научный руководитель: Бобков Александр Леонидович**, к.н., доцент, Российский экономический университет имени им. Плеханова, Москва e-mail: [santalik999@gmail.com](mailto:santalik999@gmail.com)

**Shipilova Taisiya Alekseevna**, postgraduate student, Department of Industrial Economics, Russian University of Economics named after him. Plekhanova, Moscow

**Supervisor: Bobkov Alexander Leonidovich**, PhD, Associate Professor, Russian University of Economics named after him. Plekhanova, Moscow e-mail: [santalik999@gmail.com](mailto:santalik999@gmail.com)

**Аннотация.** Анализ данных с помощью искусственного интеллекта помогает специалистам решать задачи и принимать стратегические решения. С помощью LCA производится общий анализ жизненного цикла, но

необходимо уделить большее внимание экологическим показателям. Как, например, в E-LCA. Также использование ИИ в производстве на различных этапах жизненного цикла продукта помогает придерживаться устойчивости, что является необходимой повесткой для развития и конкурентоспособности. Экономика замкнутого цикла направлена на минимизацию отходов, правильное распределение ресурсов и переход к повторному использованию. Оптимизация ресурсов и минимизация издержек это два направления, которые требуют новые подходы к их модернизации. Машинное обучение дает большую перспективу для оптимизации этих процессов, а применение ИИ в аналитике помогает оперативно и с большей точностью корректировать изменения.

С помощью каких технологий можно более результативно можно анализировать большие объемы данных. Уже существует ряд технологий AI, которые используются для автоматизации процессов управления жизненным циклом. В результате анализа на производстве можно модернизировать или откорректировать определённые производственные процессы. А также помогать в прогнозной аналитике и оперативном управлении контролем и качеством. Внедрение технологий ИИ имеет обширные перспективы для повышения эффективности производства. Также Применение LCA на основе ИИ даст положительный эффект в автоматизации и эффективности принятия решений и повышения устойчивости производства.

В статье изучены возможности применения ИИ в анализе и управлении жизненным циклом продукта на производстве. Рассмотрены текущие и перспективные системы оценки с учетом экологических показателей и выявлены возможности для внедрения машинного обучения в программное обеспечение для оптимизации ресурсов и повышения эффективности работы в течение всего жизненного цикла продукта на практических примерах.

Целью научной статьи является исследования применение искусственного интеллекта в управлении жизненным циклом продукта. Необходимо понимать насколько эффективно и возможно внедрение ИИ для достижения результатов и какие проблемы могут возникнуть.

**Abstract.** Data analysis using artificial intelligence helps specialists solve problems and make strategic decisions. With the help of LCA, an overall life cycle analysis is performed, but more attention needs to be paid to environmental indicators. As, for example, in E-LCA. Also, the use of AI in production at various stages of the product life cycle helps to adhere to sustainability, which is a necessary agenda for development and competitiveness. The closed-loop economy aims to minimize waste, allocate resources correctly, and transition to reuse. Optimizing resources and minimizing costs are two areas that require new approaches to their modernization. Machine learning provides a great perspective for optimizing these processes, and the use of AI in analytics helps to adjust changes quickly and with greater accuracy.

Which technologies can be used to analyze large amounts of data more efficiently. There are already a number of AI technologies that are used to automate lifecycle management processes. As a result of the analysis in production, certain production processes can be upgraded or adjusted. As well as assist in predictive analytics and operational control and quality management. The introduction of AI technologies has extensive prospects for improving production efficiency. Also, the use of AI-based LCA will have a positive effect in automation and efficiency of decision-making and increase the sustainability of production.

The article examines the possibilities of using AI in the analysis and management of the product lifecycle in production. Current and prospective assessment systems based on environmental indicators are considered and opportunities for the introduction of machine learning into software to optimize

resources and improve work efficiency throughout the product lifecycle are identified using practical examples.

The purpose of the scientific article is to investigate the use of artificial intelligence in product lifecycle management. It is necessary to understand how effective and possible the implementation of AI is to achieve results and what problems may arise.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, промышленные предприятия, Искусственный интеллект (ИИ), Экономика замкнутого цикла

**Keywords:** sustainable development, industrial enterprises, Artificial intelligence (AI), Closed-loop economy

### **Введение**

Применение ИИ сейчас внедряется на разных этапах жизненного цикла продукта. Например, он применяется для ускорения любого процесса, для достижения более высокой точности и верного предсказания результата. Также он применяется в предиктивной аналитике.

Важно понимать какие задачи решает ИИ в промышленности. На уровне проектирования это может быть повышение эффективности разработки новых продуктов, автоматизация оценки поставщиков и анализ требований. В производстве, например, это совершенствования процесса выполнения задач, автоматизация линий, снижение количества ошибок и уменьшение сроков доставки сырья. В продвижении ИИ используется для прогнозирования объемов предоставления услуг поддержки обслуживания, а также для управления ценообразованием. В направлении предоставления обслуживания можно рассматривать интеграция ИИ для регулирования спроса на ресурсы и повышение качества подготовки кадров.

### **Основные аспекты, связанные с оценкой жизненного цикла**

Этапы жизненного цикла классифицируются на пять различных этапов. Это добыча сырья, производство и обработка, хранение и транспортировка,

дистрибуция использования и утилизации отходов. Очень важным аспектом является дизайн и проектирование. То как будет спроектирован продукт, закладывает, какой будет жизненный цикл у этого продукта в дальнейшем. Оценка жизненного цикла используются, в том числе, и для дизайна и проектирования. Хранение и транспортировка при этом выделяется в отдельный этап, хотя он является промежуточным между добычей сырья и производством, но для удобства его выделяют в отдельную категорию.

Оценка жизненного цикла - это инструмент для комплексной оценки воздействия на окружающую среду продуктов/услуг/организаций на всём жизненном цикле. Такой подход включает в себя экономические, экологические и социальные воздействия продукта или процесса на протяжении всего жизненного цикла.

Представляя какой-либо процесс, можно понять, что входит в технологический процесс, какие будут сырьевые и энергетические затраты. На выходе мы получаем продукт, сопутствующие продукты, а также определённые выбросы, сбросы и отходы.

Рассмотрим, какие есть инструменты оценки жизненного цикла. Самая комплексная оценка жизненного цикла-LCSA (оценка устойчивости жизненного цикла). Она является комплексной, системной и включает E-LCA(оценка экологического аспекта),LCC (оценка экономического аспекта) и S-LCA(оценка социального аспекта). Если при исследовании оценивать их комплексно, то это будет является оценкой устойчивости продукта.

Основные области применения E-LCA, это, в первую очередь, строительство и промышленность: оценка материалов, их экологического воздействия, моделирование зданий. В текстильной индустрии применяется для оптимизации и улучшения своего продукта. Агропромышленные компании, т.к. они вносят большой вклад в процесс изменение климата за счёт выбросов метана, а также за счет других аспектов. Они стараются

учитывать воздействие на окружающую среду. Упаковка в качестве области применения, является острым вопросом на российском рынке, потому что потребители сталкиваются с этим ежедневно и производители заинтересованы в изменениях. Они стараются находить решения по оптимизации упаковки. Последними являются различные сервисы и сервисные услуги.

LCA полезен в организациях в нескольких направлениях. Это дизайн и разработка продукта, маркетинг и продажи. Также такой анализ дает понимание экологичности продукта и дает возможность, основываясь на данных правильно выстраивать коммуникацию с потребителем.

LCA может быть полезен в маркетинге и грамотной коммуникации, эффективной оптимизации процессов, оптимизации цепочек поставок, оценке рисков, получении дополнительных баллов в рейтингах при прохождении сертификации, выходе на международные рынки и нефинансовой отчетности.

Для инвесторов LCA позволяет оценивать риски и возможности в устойчивом развитии портфелей, управлять экологическими и социальными показателями, соответствовать ценностям и целям. Регулирующие органы могут использовать LCA для разработки и реализации политики устойчивого развития, а также для отслеживания и оценки её эффективности. Потребители благодаря LCA могут делать осознанный выбор продуктов и услуг, исходя из их воздействия на окружающую среду и социальную сферу. Но также проведение LCA может быть сложным и дорогостоящим, требующим большого объема данных, ресурсов и экспертизы.

### **Применение ИИ в анализе жизненного цикла**

Необходимо рассмотреть применение ИИ для его использования в разработке интеллектуальных систем для управления жизненным циклом продукта. Основные направления для его использования это автоматизация

мониторинга, оптимизация и устойчивое управление производственными процессами. Применение искусственно интеллекта интереснее всего с точки зрения его способности обработать и проанализировать большой объем данных. Это позволяет выявить скрытые закономерности, учитывать косвенные эффекты и изменения в динамике жизненного цикла, что повысит достоверность анализа. Также с помощью применения ИИ в LCA можно оптимизировать процесс сбора и анализа данных, т.к. есть возможность учёта множества параметров, например, энергопотребление, выбросы, с последующей качественной оценкой.

Следовательно, при применении ИИ для анализа жизненного цикла продукта в области устойчивого развития дает более точную, эффективную и полноценную информацию для устойчивой работы.

### **Направления использования ИИ в бизнесе, промышленности, потребительском сегменте**

Для принятия решений на промышленных производствах, применяется эволюция аналитики, она начинается от обязательной простой аналитики к сложной предписывающей аналитике. Примером для промышленных производств является, например, предиктивное обслуживание оборудования, которое является примером предсказательной аналитики (предиктивной).

Существует две необходимых к решению задачи при реализации. Это прежде всего расходы и издержки, которые несет производство. Например, если происходит отказ оборудования, вне регламентов. То эффективным решением будет предиктивное обслуживание оборудования. Любая задача, когда мы говорим о современных построениях интеллектуальных систем, сводится к задачам продвинутой аналитики. Например, использование регрессионных моделей для прогнозирования оставшегося срока полезного использования. С помощью них можно ответить на вопрос сколько времени/циклов осталось до выхода оборудования из строя. Также в классической

модели отвечает на вопрос произойдет ли сбой оборудования в следующие  $n$  циклов или дней. В случае детектирования работы отвечает на вопрос, отображается ли режим нормальной работы. Для этого будет достаточным провести анализ технологического отклонения и технологической карты. Например, в случае если нужно увеличить длительность полезного использования оборудования. Предположим, что для данной задачи необходимы данные телеметрии, информация об отказах и факторы окружающей среды. Общая архитектура решения для того, чтобы построить модель, наличие исторических данных. Для того, чтобы система начала работать, данные должны подгружаться в реальном времени и системы предиктивного обслуживания должны давать оповещение ответственному персоналу о том, какие события будут происходить или ожидаются в ближайшем будущем.

Далее рассмотрим задачу оптимизации технологического процесса. Эта задача актуальна для непрерывных производств, начиная от пищевого производства и заканчивая химической промышленностью. Снижение целевых показателей, процесса в спецификации по качеству, оптимизация расходов сырья и материалов и человеческий фактор, который тоже имеет сильное влияние. Примеры типовых задач для оптимизации технологических процессов, которые можно выделить. Две задачи: это повышение эффективности за счет минимизации потерь и поддержание стабильного качества, снижения расхода сырья и материалов. Необходимо определить какие значения управляемых параметров максимизируют выход или снижают потери или какие значения параметров обеспечивают минимальное отклонение по качеству. Для этого также необходимы исторические данные, для построения модели; данные по качеству сырья; детектирование нормальной работы.



Рассмотрим практический пример - производство. Необходимо уменьшение процента общих потерь сахара в диффузном отделении на заводе по производству сахара. Целью является – управление, при котором установка работает в оптимальном режиме. У оператора есть дашборд, на котором он видит управляемые параметры. Регулировка управляемыми параметрами происходит на основе построенной модели на исторических данных с помощью внедренных технологий искусственного интеллекта, что дает улучшенную классификацию и дает более детальные срезы анализируемой информации. Таким образом, решаются несколько задач: работа оператора, технологов. Результатом является снижение простоев в установке и уменьшения потерь. Следственно повышение КПД.

Для того, чтобы решить задачу оптимизации производства необходимо также определить величины, которые характеризуют качество процесса. А также определить параметры, влияющие на процесс, и какие параметры могут подвергаться изменениям, каким является допустимый диапазон значения параметров. Производится ли учет всех необходимых параметров, влияющих на процесс и какое оборудование необходимо переустановить. Следовательно, корректная работа датчиков, правильная запись показателей в базе данных, корректная структура базы для хранения, быстрое и качественное извлечения и поступления данных и анализ необходимого объема данных, дадут быстрый и оптимальный результат для решения этой задачи.

Перспективно использование предиктивной и предписывающей аналитики. Два самых востребованных решения для промышленности, на текущий момент, это предиктивное обслуживание оборудования( предсказательная аналитика) и предписывающая аналитика (оптимизация), которая позволяет повысить КПД или оптимизировать расходы на сырье и материалы. Требуется формализация и определение задач. Необходимо

сформулировать задачу не просто с точки бизнес-цели, а формализовать с точки зрения задачи машинного обучения, предписывающей аналитики. Далее требуется составить ТЗ (1-2 месяца), понять источники данных, потоки между данными и достаточно ли данных. Моделируется и реализуется пилотный проект, затем происходит период промышленного тестирования и оценка результата.

Проект с использованием ИИ может не дойти до этапа эксплуатации по нескольким причинам: отсутствие данных, неправильное хранение данных, неисправность датчиков на производстве и нерегулярность записи данных.

### **Барьеры внедрения ИИ**

Центр экспертизы по реализации федерального проекта ИИ регулярно проводят опросы среди предприятий России. По результатам только 11 процентов предприятий в России использует искусственный интеллект, что крайне мало. Основными барьерами являются в первую очередь недостаток информации возможности AI, недостаток специалистов с необходимыми компетенциями и низкая совместимость с текущей инфраструктурой. В России 46% процентов компании на данный момент не планирует применение искусственного интеллекта в будущем. При внедрении ИИ можно столкнуться техническими барьерами. Например, как совмещается ИИ текущими наработками. Эта проблема решается организационными мерами, при описании результата от какого-либо компонента. Необходимо проводить предварительные исследования.

### **Заключение**

Для совершения плавного перехода нужно предусмотреть решения связанные с возможными проблемами. Необходимо правильно внедрить инновации и донести их ценность, также нужно разработать правильный алгоритм внедрения ИИ уже существующим системам предприятия, что бы снизить трудности перехода. Также следует обратить внимание на план

управления изменениями и обучение персонала. Чтобы отследить последующие результаты внедрения, необходим анализ результатов и дальнейшая корректировка стратегии.

Делая вывод, нужно подчеркнуть, что с помощью способности алгоритмов искусственный интеллект адаптироваться к изменяющимся условиям и давать более полноценный анализ, можно выстраивать более гибкую и долгосрочную стратегию устойчивого развития. Что также позволит более точно оценить воздействие продукции в течение жизненного цикла на окружающую среду. Учитывая и проанализировав все положительные и отрицательные стороны можно отметить, что в целом, анализ жизненного цикла продукта с использованием ИИ создает более благоприятные условия для долгосрочной устойчивости.

#### **Список источников**

1. Батова Н., Сачек П., Точицкая И. На пути к зеленому росту: окно возможностей циркулярной экономики. Центр экономических исследований БЕРОК (BEROC). 06.06.2018. – С.12-16.
2. Валько Д.В. Циркулярная экономика: понятийный аппарат и диффузия концепции в отечественных исследованиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 2. – с. 42-49..
3. Towards a circular economy – Waste management in the EU / European Parliamentary Research Service.Scientific Foresight Unit (STOA). PE 581.913. 2017
4. Электронный ресурс [<http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Usligi.pdf>]
5. Висмет Х. Системные преобразования для бизнеса в контексте перехода к экономике замкнутого цикла // Форсайт. – 2020. – № 4. – с. 47-60.
6. Chen P.-H., Ong C.-F., Hsu S.-C. Understanding the relationships between environmental management practices and financial performances of multinational construction firms. Journal of Cleaner Production, 2016. vol. 139, pp. 780-784.

7. Parida, V.; Sjödin, D.R.; Wincent, J.; Kohtamäki, M. (2014). Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, Learning activities, and capabilities. // Research-Technology Management. Vol 57, 2014- Issue 3 . P. 44–52.
8. Digital Operating Model. A structured approach to choosing and implementing new technologies. Monitor Deloitte. Issue 02.2020. p. 22
9. НАВСТРЕЧУ «ЗЕЛеноЙ» ЭКОНОМИКЕ РОССИИ (ОБЗОР) Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации. Центр экологической политики России. 2012 г.

### References

1. Batova N., Sachek P., Tochitskaya I. On the way to green growth: a window of opportunity for a circular economy. BEROC Center for Economic Research (BEROC). 06.06.2018. – pp.12-16.
2. Valko D.V. Circular economy: conceptual apparatus and diffusion of the concept in domestic research // Scientific Journal of the National Research University ITMO. Ser. Economics and Environmental Management. – 2019. – No. 2. – pp. 42-49..
3. Towards a circular economy – Waste management in the EU / European Parliamentary Research Service.Scientific Foresight Unit (STOA). PE 581.913. 2017
4. Electronic resource [<http://www.ecopolicy.ru/upload/File/Usligi.pdf> ]
5. Vismet H. Systemic transformations for business in the context of the transition to a closed-loop economy // Foresight. – 2020. – No. 4. - pp. 47-60.
6. Chen P.-H., Ong C.-F., Hsu S.-C. Understanding the relationships between environmental management practices and financial performances of multinational construction firms. Journal of Cleaner Production, 2016. vol. 139, pp. 780-784.

7. Parida, V.; Sjödin, D.R.; Wincent, J.; Kohtamäki, M. (2014). Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, Learning activities, and capabilities. // Research-Technology

Management. Vol 57, 2014- Issue 3 . P. 44–52.

8. Digital Operating Model. A structured approach to choosing and implementing new technologies. Monitor Deloitte. Issue 02.2020. p. 22

9. TOWARDS the "GREEN" ECONOMY OF RUSSIA (REVIEW) Institute for Sustainable Development of the Public Chamber of the Russian Federation. The Center for Environmental Policy of Russia. 2012

© Шипилова Т.А., 2024. *Московский экономический журнал, 2024, № 6.*