

Штырова Влада Александровна, магистрант, Национальный исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

**АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА:
ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ**

Аннотация. В статье представлен комплексный подход к анализу и повышению эффективности производственных бизнес-процессов на предприятиях минерально-сырьевого комплекса (МСК) на основе внедрения технологий компьютерного зрения (CV). Исследование включает выявление основных проблем в организации производственных процессов, оценку потенциала CV для автоматизации мониторинга, диагностики оборудования и контроля качества, а также анализ влияния этих технологий на снижение издержек, повышение безопасности и устойчивость производства. Представлены результаты оценки экономической целесообразности применения CV, а также разработана система ключевых показателей эффективности (KPI) для управления процессами цифровой трансформации предприятий МСК. Сделан вывод о высоком потенциале CV для стратегического развития и повышения конкурентоспособности отрасли.

Annotation. The article introduces a comprehensive methodology for the analysis and enhancement of the efficiency of production business processes at industrial enterprises within the mineral resource complex (MSC) through the utilization of computer vision (CV) technologies. The research scope encompasses the identification of the primary issues in the organization of production processes, the evaluation of the potential of CV for the automation of monitoring, equipment diagnostics, and quality control, and the analysis of the impact of these technologies on the reduction of costs, the enhancement of safety, and the sustainability of

production. The results of the economic feasibility assessment of CV application are demonstrated, and a system of key performance indicators (KPIs) has been established to oversee the digital transformation processes of MSC enterprises. It has been determined that CV has a significant potential for strategic development and the enhancement of the industry's competitiveness.

Ключевые слова: Технологии компьютерного зрения, производственные бизнес-процессы, компании минерально-сырьевого комплекса, цифровизация, ключевые показатели эффективности.

Keywords: Computer vision technologies, production business processes, companies of the mineral resource complex, digitalization, KPI.

Бизнес-процессы предприятия представляют собой сложный объект управления, требующий системного подхода к планированию и повышению их эффективности. Эффективное планирование невозможно без интеграции современных информационных технологий, способных поддерживать стратегические и операционные решения предприятия. В этом контексте цифровизация становится неотъемлемым элементом развития производственной системы [1].

Цифровизация бизнес-процессов промышленных предприятий обеспечивает переход от реактивного управления к проактивному, используя в качестве основы технологии искусственного интеллекта, большие данные и инструменты промышленного интернета вещей [2, 3]. В условиях, когда классические методы управления устарели, а прямая зависимость от человеческого фактора остаётся высокой, применение CV позволяет заменить субъективные визуальные процедуры объективным и систематизированным анализом. Учитывая высокую конкурсную напряжённость на сырьевых рынках и ожидаемое удорожание производства, предприятия МСК нуждаются в инструментах, обеспечивающих устойчивое развитие при сохранении рентабельности [4].

Технологии CV обеспечивают автоматизацию критически важных этапов жизненного цикла: от визуального контроля качества продукции до

мониторинга технического состояния оборудования и идентификации нарушений техники безопасности на производственных площадках. Применение данных решений позволяет существенно повысить устойчивость производственной системы, снизить уровень производственных издержек, повысить точность диагностических процедур и минимизировать влияние человеческого фактора, что делает их стратегически значимыми для развития отрасли.

Конкретные примеры практической реализации CV-технологий в ведущих промышленных компаниях России свидетельствуют о получении существенного экономического эффекта. Так, на Череповецком металлургическом комбинате, входящем в структуру ПАО «Северсталь», была внедрена интеллектуальная система визуального контроля поверхности металлопродукции. В результате реализации проекта уровень рекламаций снизился на 20%, затраты на контроль качества сократились на 15%, а человеческий фактор был практически полностью устранён из процесса принятия решений по допуску продукции к отгрузке [5].

Реализация аналогичных решений на угледобывающих предприятиях АО «СУЭК» показала значительное снижение общей аварийности оборудования. Использование нейросетевых видеосистем на конвейерных линиях и в производственных цехах позволило добиться снижения числа технологических аварий на 28%, устранить случаи присутствия персонала в опасной зоне и, по предварительным оценкам, обеспечить годовую экономию около 18 млн рублей на одном промышленном объекте [6].

Компанией ПАО «Алроса» были задействованы алгоритмы визуального анализа для своевременного контроля состояния карьерной техники — прежде всего ковшей экскаваторов и шин карьерных самосвалов. Модели CV фиксируют степень физического износа узлов машин и позволяют планировать техническое обслуживание с высокой степенью точности, что дало рост межремонтного интервала на 12% и обеспечило снижение внеплановых остановок на 25% [7].

На предприятиях группы компаний «Полнос» система компьютерного зрения используется для анализа процесса измельчения и дробления руды на золотоизвлекательных фабриках. Введение интеллектуального видеонаблюдения позволило обеспечить стабильность загрузки оборудования, выявлять отклонения консистенции материала и предупреждать сбои в работе дробильных установок. Экономический эффект выразился в увеличении эффективности обработки сырья на 15%, снижении потребления электроэнергии на 8%, а общий срок возврата инвестиций составил порядка 16 месяцев [8].

Анализ суммарных данных показывает, что внедрение CV в производственные процессы предприятий МСК позволяет достичь устойчивого сокращения технологического брака на 15–25% и снизить уровень внеплановых остановок на 20–30%. Интеллектуализация мониторинга оборудования и цифровизация контроля качества повышают производительность персонала на 10–18%, способствуя снижению эксплуатационных и репутационных рисков и росту прозрачности управления. Период окупаемости внедрённых систем компьютерного зрения составляет, как правило, 12–24 месяца, при этом рентабельность инвестиций подтверждается как экономическими, так и социальными метриками (снижение травматизма, повышение соблюдения регламентов охраны труда).

Система ключевых показателей эффективности (KPI) в управлении цифровой трансформацией МСК

Разработка и внедрение технологий компьютерного зрения в производственные процессы требует системного подхода к оценке результатов цифровизации. Для получения объективной картины эффективности применяются ключевые показатели эффективности (KPI), ориентированные как на технологические, так и на экономические результаты. В настоящем исследовании предложена типовая система KPI, адаптированная к условиям предприятий минерально-сырьевого комплекса. Она включает следующие метрики:

Производственные показатели:

- Удельное количество выявленных дефектов продукции до и после внедрения CV (%);
- Снижение доли ручного контроля (в рабочих часах или % от общего контроля);
- Время реакции системы на инциденты или отклонения от нормы (в секундах/минутах);
- Средняя продолжительность простоев оборудования (в часах/квартал).

Экономические показатели:

- Снижение удельных издержек на контроль качества (%);
- Снижение затрат на ремонты и техническое обслуживание (%);
- Среднее значение ROI по проектам цифровизации (в %);
- Срок окупаемости внедрённого CV-решения (в месяцах).

Показатели безопасности и устойчивости:

- Уменьшение количества нарушений техники безопасности;
- Рост индекса технологической дисциплины;
- Количество предотвращённых аварийных ситуаций;

По результатам анализа кейсов и оценки экономической эффективности становится очевидным, что применение CV-технологий не ограничивается решением локальных задач контроля или диагностики. CV становится элементом комплексной цифровой стратегии, ориентированной на повышение операционной эффективности, устойчивости и способности предприятий к инновационному развитию.

Во-первых, CV способствует переходу от фрагментарного управления к системной цифровой модели, в которой принятие решений опирается на объективную аналитику, а не на субъективную интерпретацию персонала. Во-вторых, высокий уровень автоматизации процессов за счёт CV-решений позволяет выдерживать конкуренцию в условиях нестабильной конъюнктуры сырьевых рынков и растущих экологических требований. В-третьих, внедрение CV создаёт базу для развития других технологий Индустрии 4.0:

цифровых двойников, машинного обучения, предиктивной аналитики и киберфизических систем [9].

Таким образом, сделан вывод о высоком потенциале компьютерного зрения как стратегического инструмента не только для повышения краткосрочной эффективности, но и для трансформации модели устойчивого роста и повышения конкурентных преимуществ минерально-сырьевого комплекса в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. М. М. Бабин Бизнес-процессы предприятия как объект планирования // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2020. - 340 с.
2. С. Н. Буханцева Цифровизация бизнес-процессов промышленных предприятий: монография, 2023. - 104 с.
3. Н. В. Ломакина Минерально-сырьевой комплекс в экономике Дальнего Востока. – Владивосток : Дальнаука, 2022. – 135 с. — (Актуальные монографии). — ISBN 5-8044-0195-5.
4. И. А. Рождественская, Н. А. Завалько, К. Е. Лукичев, А. В. Зубенко, А. М. Лаффах Применение технологий больших данных для повышения устойчивости и эффективности угольной промышленности в условиях цифровой трансформации отрасли // Уголь. 2025. №1 – с. 47-52.
5. ИИ на предприятии: как компьютерное зрение повысит качество продукции и безопасность производства [Электронный ресурс]. URL: <https://softline.ru/about/blog/ii-na-predpriyatii-kak-kompyuternoe-zrenie-povysit-kachestvo-produkcii-i-bezopasnost-proizvodstva>, дата обращения: 10.05.2025.
6. Ю. Н. Шедько, К. В. Харченко, С. А. Зуденкова, Е. И. Москвитина, Л. К. Бабаян Внедрение нейросетевых технологий для повышения

- эффективности и безопасности производственных процессов на угольных предприятиях России // Уголь. 2024. №9 – с.115-122.
7. Компьютерное зрение для горнодобывающей промышленности. Как «цифровой глаз» видит точки неэффективности вашего производства [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/erid=LjN8KHkMu>, дата обращения: 10.05.2025.
8. 8 кейсов использования компьютерного зрения на производстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://smartgopro.com/novosti2/computervision/>, дата обращения: 12.05.2025.
9. А. Р. Калинин Цифровое стратегирование горных предприятий // Имущественные отношения в РФ. 2021. №3 (234) – с. 7-11.

References

1. M. M. Babin Business processes of an enterprise as an object of planning // Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Economics and management. 2020. - 340 p .
2. S. N. Bukhantseva Digitalization of business processes of industrial enterprises: monograph, 2023. 104 p.
3. N. V. Lomakina The mineral resource complex in the economy of the Far East. Vladivostok : Dalnauka Publ., 2022. 135 p. (Current monographs). — ISBN 5-8044-0195-5.
4. I. A. Rozhdestvenskaya, N. A. Zavalko, K. E. Lukichev, A. V. Zubenko, and M. Laffach The use of big data technologies to increase the sustainability and efficiency of the coal industry in the context of the digital transformation of the industry. 2025. No. 1 – pp. 47-52.

5. AI at the enterprise: how computer vision will improve product quality and production safety [Electronic resource]. URL: <https://softline.ru/about/blog/ii-na-predpriyatii-kak-kompyuternoe-zrenie-povysit-kachestvo-produkcii-i-bezopasnost-proizvodstva> , accessed: 05/10/2025.
6. Yu. N. Shedko, K. V. Kharchenko, S. A. Zudenkova, E. I. Moskvitina, L. K. Babayan Introduction of neural network technologies to improve the efficiency and safety of production processes at Russian coal enterprises // Coal. 2024. No. 9 – pp.115-122.
7. Computer vision for the mining industry. How the "digital eye" sees the points of inefficiency of your production [Electronic resource]. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/erid=LjN8KHkMu> , accessed: 05/10/2025.
8. 8 cases of using computer vision in production [Electronic resource]. – URL: <https://smartgopro.com/novosti2/computervision/> , date of access: 05/12/2025.
9. A. R. Kalinin Digital strategizing of mining enterprises // Property relations in the Russian Federation. 2021. №3 (234) – pp. 7-11.