

УДК 622.271:622.68:004.94:330.45

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ: ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОТИВ ЗАМЕНЫ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

Снегирева С.С., студент гр. ЭБбтс-241, II курс  
Научный руководитель: Самусев П.А., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Тема модернизации парка устаревшей техники открытых горных работ, оснащения её средствами цифровизации актуальна по нескольким причинам. Во-первых, рост масштабов добычи, необходимость рационального использования ресурсов и снижение издержек требуют применения интеллектуальных платформ, роботизации, ИИ и новых подходов к проектированию и планированию. Во-вторых, повышенные требования к промышленной безопасности и ужесточение необходимости соблюдения экологических стандартов, потребность в инструментах для быстрого принятия решений.

Цифровизация открытых горных работ позволяет:

- контролировать выполнение производственного плана. Цифровые платформы диспетчеризации объединяют в реальном времени данные с буровых станков, карьерных самосвалов, экскаваторов и вспомогательной техники.
- прогнозировать и оптимизировать буровзрывные работы. Например, ИИ-советчик карьерного бурения использует базы данных прошлых взрывов, параметры массива, данные геофизики, климатические условия и характеристики бурового оборудования.
- внедрять инновационные технологии инженерной защиты для сохранения устойчивости горных выработок. Такие технологии позволяют фиксировать изменения в состоянии массива, прогнозировать развитие опасных зон, планировать превентивные мероприятия.

Таким образом, цифровизация открытых горных работ становится основой повышения эффективности, безопасности и устойчивости горного производства.

В условиях санкционного давления, разрыва логистических цепочек и критического роста стоимости нового горного оборудования перед предприятиями открытой добычи встал стратегический вопрос выбора пути обновления парка. Руководители вынуждены выбирать между глубокой модернизацией существующей техники средствами цифровизации и полной заменой на новые единицы, преимущественно отечественного производства. Сегодня горнодобывающая отрасль России находится в ситуации вынужденной

трансформации, которая требует нестандартных управленческих решений. С одной стороны, существует устойчивый запрос на повышение операционной эффективности через внедрение интеллектуальных систем управления, диспетчеризации и предиктивной аналитики. Конкурентоспособность предприятия теперь зависит не только от объема добычи, но и от прозрачности процессов. С другой стороны, уход ряда западных вендоров и удорожание логистики сделали покупку новой техники класса Caterpillar или Komatsu крайне затратной, а иногда и невозможной из-за санкционных ограничений. Предприятия вынуждены искать компромисс между желанием получить «цифровой карьер» и суровой реальностью стареющего парка машин, средний возраст которого во многих компаниях превышает 10 лет.

Многие руководители видят выход в цифровизации существующей техники. На первый взгляд это кажется логичным шагом: зачем покупать новый самосвал за сотни миллионов рублей, если можно оснастить старый системой мониторинга, датчиками расхода топлива и элементами автопилота? Это дешевле на старте и не требует остановки производства для ввода новых мощностей. Но цифровая надстройка не устраняет физический износ двигателя, трансмиссии или рамы. Она может диагностировать проблему, но не предотвратить поломку изношенного металла [1-4].

Первый и самый очевидный аргумент в пользу модернизации — это объем капитальных затрат. Оснащение существующего самосвала, например, БелАЗ-7530 или устаревшего Komatsu 830E, комплектом телеметрии и системой управления стоит в разы дешевле покупки новой машины. Разница в первоначальных вложениях может достигать 5–10 раз. Для предприятия с парком в 50 единиц это колоссальная экономия бюджета здесь и сейчас, что часто становится решающим фактором для собственников, ориентированных на краткосрочную отчетность. Однако экономика горного предприятия считается по совокупной стоимости владения на горизонте 5–7 лет. Именно здесь скрыты основные риски.

Новая техника, особенно современного поколения, имеет более высокий КПД двигателей, улучшенную аэродинамику кузова и системы рекуперации энергии при торможении. Расход топлива на тонно-километр у новой машины может быть на 15–20% ниже, чем у модели десятилетней давности. Старая техника, даже оснащенная датчиками, не становится экономичнее физически. Кроме того, частота ремонтов у старого парка выше. Простой техники в ремонте — это упущенная выгода, которую не компенсирует никакая цифровизация. Один день простоя большегруза может стоить предприятию сотни тысяч рублей.

Цифровизация предполагает установку чувствительной электроники: датчиков вибрации, давления, температуры, лидаров, GPS-приемников. Старая техника часто не имеет штатных мест для монтажа, необходимой шины данных (CAN-bus) или даже стабильного электропитания без скачков напряжения. Внедренцам приходится «адаптировать» решения, врезаться в проводку, использовать внешние преобразователи. Это снижает надежность всей си-

стемы. Вибрация на изношенной раме с выработанными сайлентблоками быстрее выводит из строя чувствительные MEMS-сенсоры, чем на новой машине с исправной подвеской.

Есть серьезная проблема совместимости протоколов. Современные системы управления (например, Wenco или отечественные аналоги) рассчитаны на обмен данными с современными контроллерами двигателя (ECU). Старая техника может не иметь цифрового интерфейса для считывания оборотов двигателя, температуры масла или положения педали газа в реальном времени. Приходится ставить внешние датчики, которые имеют большую погрешность и задержку сигнала. В результате система получает «шумные» данные. Алгоритмы искусственного интеллекта, работающие на таких данных, выдают ошибочные рекомендации по переключению передач или маршруту. Возникает парадокс: пытаюсь сделать старый парк умным, мы получаем систему, которая работает хуже и менее точно, чем на новом оборудовании.

Ресурс основных узлов — критический фактор, который нельзя игнорировать. Если остаточный ресурс двигателя менее 50%, никакая система предиктивной аналитики не продлит ему жизнь. Она лишь точнее предскажет момент поломки. Но поломка все равно случится. В этом случае цифровизация становится просто дорогим инструментом диагностики, а не средством повышения эффективности.

В текущих геополитических условиях вопрос запасных частей выходит на первый план и часто становится решающим. Старый парк многих российских карьеров представлен техникой импортного производства [5]. Запчасти для них стали дороже, сроки поставки увеличились в разы, а некоторые позиции вообще исчезли из доступности. Цифровизация такого парка создает дополнительную зависимость от программного обеспечения и серверной инфраструктуры. Если вендор системы мониторинга уйдет с рынка или прекратит поддержку своего ПО, дорогостоящее оборудование превратится в набор «железа» без интеллекта.

Замена на новую технику, особенно отечественную (БелАЗ, КАМАЗ, СОК), снижает риски снабжения «железом». Заводы находятся внутри страны, логистика проще, гарантия официальная. Однако с софтом ситуация сложнее. Отечественные системы диспетчеризации (например, «Карьер», «Вист Групп») активно развиваются, но пока могут уступать западным аналогам в глубине аналитики и удобстве интерфейса. Предприятие оказывается перед выбором: старый импорт с непонятным будущим поддержки или новый отечественный комплекс с доработкой ПО под себя.

Наблюдается тренд на гибридные решения, который кажется наиболее разумным в текущей ситуации. Предприятия покупают новую технику для ключевых процессов (транспортировка руды на дальние плечи), где важна надежность и соблюдение графика. А старую технику модернизируют цифровой для вспомогательных работ [6] (планировка дорог, водовозы, заправка), где требования к производительности ниже, а риск простоя не критичен. Это позволяет распределить риски и бюджет, не ставя все яйца в одну корзину.

Также важно учитывать кибербезопасность: старые системы не защищены от внешних атак, поэтому их нельзя подключать к единому контуру управления без серьезных доработок.

Нельзя игнорировать людей, которые будут работать с техникой, так как именно они определяют успех внедрения. Внедрение цифровых систем на старый парк требует переобучения водителей и механиков. Они должны понимать, как работать с планшетами, реагировать на уведомления системы, не воспринимать их как «слежку». Для старого состава водителей, привыкшего к «классике» и работе «на слух», это часто становится стрессом. Возникает сопротивление: «машина старая, зачем нам эти датчики, они только врут». Без принятия коллективом любая система саботируется.

При замене на новую технику обучение проходит проще, так как современные кабины эргономичнее, интерфейсы понятнее, а производитель сам проводит обучение. Но и здесь есть нюанс. Новая техника требует более квалифицированного обслуживания. Электронно-управляемые двигатели сложнее чинить в полевых условиях, чем старые механические. Если на карьере нет своих специалистов по электронике и диагностике, простой может затянуться на дни в ожидании инженера из сервиса [7].

Какой путь выбрать предприятию в реалиях 2026 года? Можно описать три реалистичных сценария, каждый из которых имеет право на жизнь в зависимости от ситуации. Первый сценарий – «Точечная модернизация». Подходит для предприятий с относительно свежим парком (наработка до 15–20 тысяч моточасов), который был закуплен до санкций. Оснащается телеметрией, системой контроля расхода топлива, датчиками усталости. Это дает быстрый эффект без больших вложений и позволяет выиграть время.

Второй сценарий – «Плановая замена». Для техники с высокой нагрузкой, ресурс которой близок к исчерпанию. Менять на отечественные аналоги с предустановленной цифровизацией. Это дорого, но гарантирует надежность на долгий срок. Инвестиции окупаются за счет снижения ремонтов, расхода топлива и повышения коэффициента использования. Это стратегия для компаний с долгосрочным горизонтом планирования.

Третий сценарий – «Гибридный парк». Сочетание обоих подходов. Ключевые единицы — новые, вспомогательные — модернизированные старые. Это наиболее гибкая стратегия для российских условий, позволяющая маневрировать бюджетом в условиях нестабильности. Важным направлением становится развитие отечественных retrofit-решений. Появляются компании, которые предлагают комплекты для оцифровки старой техники «под ключ», с гарантией совместимости и защитой от пыли и влаги. Это снижает риски внедрения.

На основании проведенного анализа можно заключить, что дилемма «модернизация или замена» не имеет универсального ответа, применимого ко всем предприятиям отрасли. Цифровизация устаревшей техники является эффективным инструментом только при условии остаточного высокого ресурса основных узлов. Накладывать интеллектуальные системы на физически из-

ношенную машину экономически нецелесообразно: расходы на ремонт и простой нивелируют выгоду от оптимизации режимов работы.

В текущих условиях оптимальной предполагается гибридная стратегия обновления парка – критически важные процессы обеспечивать новой техникой с заводской цифровизацией, а вспомогательные нужды закрывать модернизированным парком. Главное — проводить тщательный аудит технического состояния перед принятием решения, не веря на слово поставщикам решений. Только взвешенный инженерно-экономический подход позволит сохранить производительность без кассовых разрывов и технологических рисков.

### Список литературы:

1. Гвоздкова, Т. Н. Состояние рынка угля в Кузбассе: проблемы и направления их решения / Т. Н. Гвоздкова, Т. А. Тюленева // Современные тенденции и инновации в науке и производстве : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Междуреченск, 22 мая 2025 года. – Междуреченск: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2025. – EDN ZGSCKS.

2. Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Новые цифровые технологии управления промышленной безопасностью на открытых горных работах: Сб. тр. 4-й конф. Междунар. шк. акад. К.Н. Трубецкого: Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. - М.: ИПКОН РАН, 2020. - 524 с.

3. Лютягин Д.В., Яшин В.П., Забайкин Ю.В., Якунин М.А. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9. – № 7-1. – С. 147-159.

4. Рыльников А.Г., Пыталев И.А. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 1. – С. 470-479.

5. О реализации мер технической политики, направленных на обеспечение технологической независимости горнопромышленного комплекса в горношахтном оборудовании / Ю. В. Малахов, С. Ю. Кононенко, В. А. Ракитин, Д. А. Пашков // Уголь. – 2024. – № 5(1180). – С. 124-132. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-5-124-132. – EDN OGCWST.

6. Петров, А. И. Исследование рациональных параметров технологических схем вспомогательных горных работ / А. И. Петров // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 1(20). – С. 4-39. – DOI 10.26730/2618-7434-2023-1-4-39. – EDN YYRRBG.

7. Герике, Б. Л. Внедрение цифровых технологий в области технической диагностики, обслуживания и ремонта горных машин и оборудования / Б. Л. Герике, А. Е. Сушко, П. Б. Герике // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 3(3). – С. 19-29. – DOI 10.26730/2618-7434-2018-3-19-28. – EDN YWCEGT.