

УДК 338.2

*А. Ю. Абрашитов*

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН, Апатиты, e-mail: abrashit@mail.ru

*А. Е. Череповицын*

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», Санкт-Петербург, e-mail: cherepovitsyn\_ae@pers.spmi.ru

### **К ВОПРОСУ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ: ОСОБЕННОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Ключевые слова:** технологическая модернизация, цифровизация, операционная эффективность, конкурентоспособность, горнодобывающее предприятие.

В статье рассмотрены вопросы модернизации горнодобывающего производства. Успешная реализация проектов технологической модернизации отражается на конкурентоспособности продукции, и способствует повышению операционной эффективности производства. В рамках целевых показателей проектов технологической модернизации выступают такие показатели как: рост производительности труда и оборудования, уменьшение количества простоев, экономия затрат по заработной плате, снижение времени ряда технических операций, сокращения парка используемых транспортно-погрузочных средств. В исследовании представлены полученные эффекты по созданию автоматизированной системы управления и контроля в компании Кировский филиал АО «Апатит». Горнодобывающее производство имеет ряд характеристик, которые отличают его от других отраслей промышленности. В этой связи авторам представляется целесообразным выделить специфические аспекты технологической модернизации, которые свойственны разработке месторождений полезных ископаемых.

*A. Yu. Abrashitov*

Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, e-mail: abrashit@mail.ru

*A. E. Cherepovitsyn*

St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St. Petersburg, e-mail: cherepovitsyn\_ae@pers.spmi.ru

### **TO THE ISSUE OF OPERATIONAL EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL MODERNIZATION: PECULIARITIES OF MINING PRODUCTION**

**Keywords:** Technological modernization, digitalization, operational efficiency, competitiveness, mining enterprise.

The article considers the issues of modernization of mining production. Successful implementation of technological modernization projects affects the competitiveness of products, and contributes to improving the operational efficiency of production. The target indicators of technological modernization projects are such indicators as: growth of labor and equipment productivity, reduction in the number of downtime, savings in wage costs, reduction in the time of a number of technical operations, reduction in the fleet of used transport and loading vehicles. The study presents the obtained effects on the creation of an automated management and control system in the Kirov branch of Apatit JSC. Mining production has a number of characteristics that distinguish it from other industries. In this regard, it seems reasonable to the authors to highlight specific aspects of technological modernization, which are characteristic of mining production.

### Введение

Модернизация на промышленном предприятии направлена на обновление основных фондов и совершенствование технологических решений. Значительный экономический эффект модернизации на горнодобывающем предприятии может быть получен в результате комплекса одновременно реализуемых проектов по обновлению производственных фондов, применению передовых доступных или новых технологий. Также модернизация может быть следствием реализации целей по развитию продуктового портфеля компании [4, 8]. Например, при планах компании использовать экономически рентабельные технологии, способные извлекать дополнительные компоненты при добыче многокомпонентных руд, увеличивается номенклатура товарной продукции, что неизбежно приводит к реализации программ или проектов модернизации производства.

Одной из важных целей модернизации на отечественных горнодобывающих предприятиях выступает снижение операционных затрат, возможности их оптимизации в рамках формирования новых технологических решений, что особо актуально для обеспечения принципов бережливого производства, развития конкурентоспособности и обеспечения стратегической стабильности промышленного производства [5, 9].

Тенденции развития конкурентной среды подчеркивают необходимость использования цифровых технологий в промышленности, и горнодобывающем секторе в частности. Цифровые решения относятся к технологической модернизации и способствуют качественным изменениям, в том числе и в системе оперативного управления предприятием, а также направлены на повышение его конкурентоспособности [13].

В настоящее время технологическое развитие горнопромышленных компаний во многом связывают с масштабным использованием цифровых и роботизированных технологий, повышением уровня автоматизации производства, ростом эффективности использования карьерного и подземного транспорта [2, 3, 7, 10, 11].

Цифровизация промышленного производства представляет сложный процесс внедрения современных программных продуктов, заменяющих рутинные операции, которые выполняют руководители технологического и функционального уровней. Также осуществляется перевод на цифровые

платформы, определяющие фундамент материально-технического обеспечения и всей операционной деятельности производственной цепочки, что влечет и высокие риски возможных экономических потерь в случае сбоя.

Для предприятий горнодобывающей промышленности важность реализации масштабных проектов по модернизации и внедрению цифровых решений определяется следующими факторами:

- истощение доказанных запасов, увеличение доли трудноосваиваемых месторождений, усложнение горнотехнических условий и как следствие необходимость поиска рентабельных доступных или инновационных технологий, а также снижения уровня капитальных и операционных затрат;

- вопросы обеспечения промышленной безопасности диктуют необходимость использования автоматизированных и цифровых решений, позволяющих снижать присутствие человека в опасных местах подземной добычи и способных осуществлять мониторинг и предотвращать чрезвычайные ситуации;

- цифровые решения могут обеспечить резкое повышение скорости принятия управленческих решений, особенно это актуально в условиях удаленного расположения друг от друга объектов горного производства.

В связи с этими перечисленными факторами инвестиционные и социальные риски достаточно высокие, поэтому для обеспечения устойчивой конкурентоспособности горнодобывающего предприятия необходимо поддерживать высокий технологический уровень и быть социально-ответственной компанией, постепенно осуществляя модернизацию производства [1].

С точки зрения повышения эффективности управления, можно отметить, что условия добывающего производства и техническая вооруженность диктуют необходимость увеличения степени координации между огромным количеством служб. Наличие оперативной информации в режиме реального времени о различных технологических процессах, снижение затрат, повышение операционной эффективности и обеспечение высокой безопасности труда предполагают возможность внедрения передовых цифровых технологий.

Развитие навигационных и телекоммуникационных технологий и цифровых платформ создает перспективу объединения

в единую систему, что должно формулировать новую концептуализацию производственно-технических систем, находящихся как под землей, так и на поверхности. В целом активно внедряются на горнодобывающих предприятиях режимы работы оборудования, направленные на оптимизацию решений оперативных задач производства [3,7].

Объектом настоящего исследования является Кировский филиал АО «Апатит» – одна из передовых компаний горнодобывающей отрасли национальной экономики Российской Федерации. Добывающее производство обеспечивает перерабатывающие производственные комплексы головной компании ПАО «ФосАгро» апатитовым концентратом для производства удобрений.

Кировский филиал АО «Апатит» производит высокосортное фосфатное сырье, что является уникальным ресурсным конкурентным преимуществом компании. Кроме того, АО «Апатит» выпускает нефелиновый концентрат, который используется для производства глинозема и цемента.

**Цель исследования** состоит в уточнении операционных эффектов технологической модернизации горнодобывающего производства в рамках создания автоматизированных систем управления, а также в обобщении особенностей технологической модернизации в горнодобывающей компании по таким характеристикам как виды и глубина модернизации, инвестиционные и эксплуатационные затраты, промышленная безопасность.

#### **Материалы и методы исследования**

При подготовке настоящей работы использовались аналитические исследования, статьи в академических изданиях, а также годовые корпоративные отчеты горнодобывающих компаний, и в частности ПАО Фосагро.

В исследовании использовались общенаучные методы исследования, такие как анализ, измерение, оценивание, обобщение.

Проанализированы результаты технологической модернизации и, в частности, мероприятий по созданию систем диспетчеризации и позиционирования на горнодобывающем предприятии Кировский филиал АО «Апатит».

На основании данных бизнес-планов по внедрению автоматизированных систем контроля выполнена оценка количественных эффектов мероприятий.

В рамках исследования также оценивался организационный и управленческий потенциал, который способствует реализации проектов технологической модернизации, в том числе радикальных преобразований с использованием цифровых технологий и автоматизированных систем.

Методом обобщения установлены особенности технологической модернизации.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Кировский филиал АО «Апатит» является крупнейшим в России и мире производителем фосфорсодержащего сырья, с годовой добычей 39,51 млн т апатит-нефелиновой руды [6].

Компания Кировский филиал АО «Апатит» стремится повысить эффективность оперативного менеджмента и контроля горного оборудования на своих рудниках, и в частности на Восточном руднике и смогла добиться роста производительности оборудования и снижения топливных затрат [12].

С учетом успеха реализации проекта внедрения автоматизированной системы диспетчеризации на открытых рудниках и более эффективного использования техники с начала 2013 года в компании Кировский филиал АО «Апатит» реализуется ряд проектов с целью создания эффективной системы контроля и координации на подземных рудниках.

В рамках создания автоматизированных систем управления и контроля (АСУК) реализованы следующие технические мероприятия:

- внедрены технологии постоянного мониторинга телеметрических и производственных параметров подземного горного оборудования;
- в режиме реального времени осуществляется передача данных о расположении технических средств и людей;
- предложен алгоритм оперативной передачи аварийных сигналов в случае наступления чрезвычайных ситуаций.

В целом АСУК производством на подземных рудниках Кировского филиала АО «Апатит» направлена на повышение операционной эффективности ведения подземных горных работ.

Ряд эффектов конкретных мероприятий в рамках создания АСУК на основе системы позиционирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

## Мероприятия и результаты автоматизированной системы диспетчеризации

№	Мероприятие	Преимущества	Количественные эффекты
1	Телефонная связь на активных горизонтах (горный мастер и машинист – мобильные телефоны)	Повышается эффективность управления горными работами. Появляется дополнительное рабочее время 40–60 мин в смену.	Сокращается время простоев на 15–20%.
2	Позиционирование электровозов	Сокращается время простоя. Происходит сокращение парка электровозов за счет оптимизации планирования движения.	Сокращается время простоев на 10–15%.
3	Автоматизированное бурение глубоких скважин – передача буровых паспортов в электронном виде, а также автоматизированное бурение одной скважины	Более точное и качественное бурение дает наилучшую фракцию. Наблюдается меньше вторичного взрывания. Увеличивается производительность выемки. Увеличиваются показатели выхода горной массы на тонну	Происходит экономия по статье «Заработная плата» – от фонда оплаты труда бурильщиков. Снижение удельного расхода взрывчатых материалов до 10% Рост производительности на бурении до 20%
4	Весовые комплексы и системы регистрации на подвижную самоходную технику	Увеличивается эффективность работы погрузочно-доставочных машин, и повышается точность учета процентного содержания оксида фосфора.	Сокращается количество ПДМ на 10%. Происходит экономия ФОТ машинистов на 10%.
5	Весовые комплексы на конвейерах и дробильно-доставочном комплексе (ДДК)	Повышается уровень загрузки конвейеров и ДДК. Повышается точность учета добытой руды по участкам.	Снижаются потери добытой руды на 1–2%.

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

## Специфика технологической модернизации в горнодобывающем сегменте

Отличительные признаки	Особенности преобразований, направленных на технологическую модернизацию	Особенности добывающего сегмента
Глубина модернизации	Охват всего комплекса добычных предприятий. Охват участка или отдельного технологического процесса	Учет специфики открытых работ и подземных горных работ Сложности формирования инфраструктуры информационных систем в условиях подземных сооружений
Виды модернизации	Автоматизированные системы управления, новые информационные технологии. Использование более технологичной техники и оборудования. Повышение количества и эффективное использование основных производственных фондов	Учет специфики открытых и подземных горных работ Развитие горно-капитальных сооружений на больших глубинах для обеспечения доступа к рудному телу Как правило, необратимый процесс, связанный с ухудшением горно-геологических характеристик
Инвестиционные и эксплуатационные затраты	Снижение операционных затрат и скорость отдачи инвестиционных вложений Экономия топливно-энергетических и фонда оплаты труда	Удорожание комплектующих и работ и услуг вследствие длительности создания сложных технологий Доступ к технологиям и решениям вследствие уникальности добывающих объектов Обеспечение снижения простоев горной техники и потерь добытой руды
Промышленная безопасность	Обеспечение безопасных и эргономичных условий труда	Снижение прямого участия человека, прежде всего, на подземных работах Достижение высокого уровня автоматизации и роботизации

Источник: составлено авторами.

---

В итоге реализации проектов АСУК произошла оптимизация численности машинистов ПДМ относительно штатной численности работников на начало года. Также появилась возможность сокращения использования техники на ряде горных участков.

Система АСУК позволила улучшить контроль и повысить операционную эффективность в рамках следующих технико-организационных параметров:

– время простоя «ремонт» – достигнуто сокращение за счет оперативности информирования;

– время «в работе» – повышение операционной эффективности получено за счет сокращения непроизводительных промежутков во время смены;

– объем перевезенных негабаритов – повышение эффективности достигнуто за счет увеличения времени «в работе» благодаря отсутствию необходимости вторичного взрывания и сокращению количества взрывчатых веществ;

– увеличение загрузки – получено за счет увеличения объемов перевозимой горной массы;

– время простоя «отсутствие емкости» – достигнуто сокращение за счет весов и контроля заполняемости локальных рудоспусков.

Особенности модернизации на горнодобывающем производстве с учетом проведенного авторами анализа по Кировскому филиалу АО «Апатит» представлены в таблице 2.

### **Заключение**

Выявлены особенности технологической модернизации на горнодобывающем

производстве. Установлено, что масштабное использование цифровых решений и автоматизированных систем управления способствуют увеличению скорости принятия экономических решений, что, в конечном счете, влияет на повышение операционной эффективности добычи минерального сырья, а также обеспечивается рост производительности труда.

Применение автоматизированных систем управления и контроля производством на горнодобывающем предприятии Кировский филиал АО «Апатит» позволяет снижать себестоимость добычи, сокращать время реагирования при выполнении ремонтов, повышать уровень промышленной безопасности.

Работы по технологической модернизации в Кировском филиале АО «Апатит» ведутся поступательно. Помимо внедрения цифровых проектов производства, осуществляются модернизация и техническое перевооружение подземных сооружений. В контексте развития дальнейших научных исследований исследования видится целесообразным детализация важнейших факторов макроэкономического и микроэкономического влияния, которые позволят нарастить потенциал технологической модернизации. Факторы влияния позволят сформировать систему актуальных показателей экономической оценки программ технологической модернизации. Такие показатели могут оценивать и результативность достижения целей устойчивого экономического развития горнодобывающего предприятия развития в рамках осуществления программ модернизации.

---

### *Библиографический список*

1. Абраштитов А.Ю. Барьеры и возможности технологической модернизации в горнопромышленной компании // Российский экономический интернет-журнал. 2022. № 4. <https://www.e-rej.ru/upload/iblock/092/b9tsmlotaurorb3tj6ri63yz0j1jn8p2.pdf> (дата обращения: 15.07.2024).

2. Ахметова М.И. Комплексная оценка и способы повышения показателей качества эксплуатации карьерных автосамосвалов: дис. ... докт. филос. (PhD) / Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева. Алматы, 2019. 133 с.

3. Бархатов С.П., Устинова Я.В., Семенов А.С. Исследование возможностей применения роботизированных самосвалов в горнодобывающей отрасли // Горное оборудование и электромеханика. 2022. №1 (159). С. 19–27. DOI: 10.26730/1816-4528-202.

4. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Технологическая модернизация предприятия как фактор повышения его конкурентоспособности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 186-190.

- 
5. Жаров В.С. Формирование стратегии технологической модернизации производственных предприятий // Друкерровский вестник. 2021. № 1(39). С. 129-137. DOI: 10.17213/2312-6469-2021-1-129-137.
  6. Интегрированный отчет–2022: Делая больше для устойчивого плодородия: [Электронный ресурс]. URL: [hnrej9ny013kx3wyuzzf1ymowhef1dew.pdf](https://phosagro.ru/hnrej9ny013kx3wyuzzf1ymowhef1dew.pdf) (phosagro.ru) (дата обращения: 01.08.2024).
  7. Мацко Н.А. Опыт и перспективы использования цифровых технологий в добывающих отраслях // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2020. № 6(225). С. 7–13. DOI: 10.24411/2072-4098-2020-10601.
  8. Никулина Е.Ю. Модернизация и факторы ее определяющие // Вестник Самарского муниципального института управления. 2020. № 1. С. 48–57.
  9. Пискунов А.И. Техническое перевооружение как основа инновационного развития промышленных предприятий России // Russian Journal of Innovation Economics. 2019. № 1 (9). С. 137–150.
  10. Поляков А.Г. Комплексная автоматизированная система управления производством горнодобывающих предприятий // Горное оборудование и электромеханика. 2007. № 8. С. 23–28.
  11. Темкин И.О., Клебанов Д.А., Дерябин С.А., Конов И.С. Построение интеллектуальной геоинформационной системы горного предприятия с использованием методов прогнозной аналитики // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 3. С. 114–125.
  12. Никитин К.В., Звонарь А.Ю., Козлов Д.Е., Маркитан С.В. Результаты промышленного внедрения автоматизированной системы диспетчеризации на Восточном руднике ОАО «Апатит» // Горная промышленность. 2012. № 4(104). С. 20–24.
  13. Березиков С.А., Дядик В.В., Ларичкин Ф.Д. и др. Современные проблемы управления горно-химическим комплексом России / Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук, 2023. 127 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.479.2.