

УДК 338.45

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕМОНТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**А.С. Легкобыт**

ООО «Торгово-производственное объединение», Старый Оскол, email: legkobyt@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности технического обслуживания и ремонта (ТОиР) дорогостоящего оборудования на горнодобывающих предприятиях в условиях перехода к Индустрии 4.0. В статье выявлены отраслевые особенности горнодобывающих предприятий, определяющие специфику ремонтных процессов. Цель работы – уточнение экономической сущности ремонтной деятельности и сравнительный анализ современных подходов к управлению ТОиР для выявления их потенциала в условиях цифровизации. В статье предложены авторские определения ремонта и технического обслуживания, смещающие акцент с технологических операций на их экономическую целесообразность. Предложено авторское определение процесса ремонта на горнодобывающем предприятии, учитывающее отраслевую специфику. Проведен сравнительный анализ концепций RCM (Reliability-centered Maintenance) и TPM (Total Productive Maintenance) с позиции их эффективности и ограничений в контексте цифровой трансформации. Результаты показывают, что обе методологии имеют значительный потенциал для цифровизации (предиктивная аналитика, интеграция с IoT), однако требуют адаптации к отраслевой специфике. Представлен детальный анализ авторской схемы организации ТОиР, обосновывающий экономические результаты на каждом этапе ремонтного процесса. Предложена система ключевых показателей эффективности (KPI) системы ТОиР, позволяющая комплексно оценивать результативность ремонтных бизнес-процессов. Научная новизна заключается в систематизации экономических аспектов ремонтной деятельности с учетом отраслевых особенностей и разработке критериев оценки их эффективности с учетом современных технологических трендов.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), горнодобывающее предприятие, экономическая эффективность, RCM, TPM, Индустрия 4.0, цифровизация, ключевые показатели эффективности (KPI).

ECONOMIC ASPECTS OF REPAIR ACTIVITIES AT MINING ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION**A.S. Legkobyt**

Trade and Manufacturing Association LLC, Stary Oskol, email: legkobyt@mail.ru

Abstract. The relevance of the research is due to the need to improve the efficiency of maintenance and repair (M&R) of expensive equipment at mining enterprises in the context of the transition to Industry 4.0. The article identifies the industry-specific features of mining enterprises that determine the specifics of repair processes. The aim of the work is to clarify the economic essence of repair activities and conduct a comparative analysis of modern approaches to M&R management to identify their potential in the context of digitalization. The author's definition of the repair process at a mining enterprise, taking into account industry specifics, is proposed. A comparative analysis of the RCM (Reliability-centered Maintenance) and TPM (Total Productive Maintenance) concepts is carried out from the perspective of their effectiveness and limitations in the context of digital transformation. The results show that both methodologies have significant potential for digitalization (predictive analytics, integration with IoT), but require adaptation to industry specifics. A detailed analysis of the author's scheme for organizing M&R is presented, substantiating the economic results at each stage of the repair process. A system of key performance indicators (KPIs) for the M&R system is proposed, which allows for a comprehensive assessment of the effectiveness of repair business processes. The scientific novelty lies in the systematization of the economic aspects of repair activities taking into account industry specifics and the development of criteria for evaluating their effectiveness, taking into account modern technological trends.

Keywords: maintenance and repair (M&R), mining enterprise, economic efficiency, RCM, TPM, Industry 4.0, digitalization, key performance indicators (KPI).



Дата поступления статьи в редакцию: 16.07.2026

Дата принятия статьи в печать: 02.09.2026

Введение

Согласно официально принятым в России стандартам, ремонт представляет собой «комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправного или работоспособного состояния объекта», а техническое обслуживание — «комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию работоспособности или исправности объекта» [1, 2]. Главное отличие заключается в том, что техническое обслуживание проводится для предотвращения поломок, а ремонт — для устранения неисправностей и восстановления утраченного ресурса.

Однако с позиции экономики промышленности данные определения обладают существенным недостатком: они описывают ремонт и обслуживание как технологические процессы, не раскрывая их экономической сущности. Для целей настоящего исследования важнее оценить экономический эффект от этих действий: сокращение простоев, снижение затрат на аварийные ремонты, продление срока службы активов и рост фондоотдачи. В связи с этим возникает проблема несоответствия нормативных определений современным требованиям управления производственными активами, что требует пересмотра понятийного аппарата и подходов к оценке эффективности ремонтной деятельности.

Цель исследования

Цель исследования — уточнение экономической сущности ремонтной деятельности на горнодобывающих предприятиях и сравнительный анализ современных концепций управления ТОиР для выявления направлений их совершенствования в условиях цифровизации.

Материал и методы исследования

Теоретической базой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых в области экономики промышленности, деятельности горнодобывающих предприятий, организации технического обслуживания и ремонта. Нормативной основой выступили государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ) [1, 2, 11, 13]. Информационной базой стали аналитические обзоры и данные, опубликованные в открытых источниках и специализированных отраслевых изданиях.

В процессе исследования применялись общенаучные методы: анализ и синтез — для уточнения понятийного аппарата и выявления экономической сущности ремонтной деятельности; сравнительный анализ — для сопоставления концепций RCM и TPM; системный подход — для разработки системы ключевых показателей эффективности ТОиР; метод графической интерпретации — для наглядного представления организационной схемы и результатов сравнения.

Результаты исследования

Развивая нормативные определения и учитывая специфику горнодобывающего производства, предлагается следующее авторское определение: ремонт на горнодобывающем предприятии — это совокупность технических и организационных действий по восстановлению работоспособности оборудования, осуществляемых с целью минимизации экономических потерь от простоев и продления срока эффективной эксплуатации производственных активов; техническое обслуживание — это комплекс превентивных мероприятий, направленных на поддержание оборудования в работоспособном состоянии с оптимальными затратами и предотвращение внеплановых остановок производства.

Данные определения смещают акцент с технологического содержания операций на их экономическую целесообразность. Это позволяет интегрировать ремонтную деятельность в систему экономических показателей предприятия. В этом случае эффективность ТОиР оцениваются по вкладу в снижение себестоимости продукции и рост производительности труда.

Отраслевые особенности ремонтных процессов на горнодобывающих предприятиях. Горнодобывающие предприятия обладают рядом специфических черт, которые определяют необходимость адаптации общих подходов к организации ремонта. Как отмечает Е.Л. Кантор, к таким особенностям относятся непрерывный характер производственных процессов, высокая капи-

талоємкость основных фондов, сложные условия эксплуатации оборудования и повышенные требования к промышленной безопасности [3]. Дополняя этот перечень, И.Э. Дикунов указывает на сложную логистику ремонтных служб, связанную со значительной протяженностью и разбросанностью объектов на территории предприятий [4]. Т.И. Иващенко подчеркивает, что отличительной чертой является высокая степень износа оборудования, обусловленная работой в агрессивных средах и под значительными нагрузками, что существенно повышает требования к организации ремонтных процессов [5].

С экономической точки зрения, как отмечает Д.А. Лунькин, важнейшей особенностью является исключительно высокая стоимость простоев основного технологического оборудования, которая определяет приоритетность задач по обеспечению его надежности и требует особых подходов к экономическому обоснованию ремонтных решений [6]. Л.И. Андреева дополняет, что затраты на ремонт горного оборудования в ряде случаев сопоставимы с его первоначальной стоимостью, что делает задачу оптимизации ремонтных процессов критически значимой для финансовой устойчивости предприятия [7]. Кроме того, значительная доля импортного оборудования и связанные с этим сложности в условиях санкционных ограничений [8] требуют развития собственных ремонтных компетенций и поиска альтернативных поставщиков запасных частей [9].

Взаимосвязь отраслевых особенностей и экономического содержания процесса ремонта представлена на рисунке 1. Предложенная схема наглядно демонстрирует, как каждая отраслевая характеристика (непрерывность, сложность условий, высокий износ, дороговизна простоев, импортозависимость) трансформируется в конкретные экономические задачи ремонтной службы: минимизацию потерь от остановок, продление межремонтных периодов, снижение затрат на восстановление деталей, повышение надежности и обеспечение ремонтпригодности.

Непрерывность производства •каждый час простоя дает прямую упущенную выгоду	Высокая капиталоемкость основных фондов •значительные затраты на приобретение и обслуживание оборудования	Агрессивные условия эксплуатации •повышенный износ, частая потребность в ремонтах	Высокая стоимость простоев •приоритет надежности над минимизацией текущих затрат
Территориальная рассредоточенность объектов •необходимость централизованного сбора и мониторинга данных	Высокая доля импортного оборудования •необходимость диверсификации поставок и развития квалификации персонала	Сбой в системе ТОиР •снижение комплексной оценки устойчивого развития предприятия	Исчерпание традиционных подходов •необходимость перехода к ремонтам по фактическому состоянию на базе цифрового двойника

Рис. 1. Взаимосвязь отраслевых особенностей горнодобывающего предприятия и экономического содержания процесса ремонта (авторская разработка)

С учетом выявленных взаимосвязей, дополняя приведенное выше авторское определение ремонта и технического обслуживания, предлагается следующее определение: процесс ремонта на горнодобывающем предприятии — это упорядоченная и регламентированная последовательность взаимосвязанных действий по техническому обслуживанию и восстановлению работоспособности горного и обогатительного оборудования, осуществляемая в условиях непрерывного производства и агрессивных эксплуатационных сред, направленная на обеспечение требуемого уровня надежности и доступности производственных активов при минимизации совокупных затрат и производственных потерь от простоев, создающая основу для устойчивой экономической деятельности предприятия.

Таким образом, предложенный понятийный аппарат позволяет рассматривать ремонтную деятельность не изолированно, а как системный процесс, интегрированный в общую производственную и финансовую структуру горнодобывающего предприятия.

Сравнительный анализ концепций ТОиР и разработка системы KPI. В мировой практике сформировались две основные методологии ТОиР: концепция всеобщего производственного обслуживания оборудования (TPM) и концепция обеспечения надежности оборудования (RCM). TPM построена на принципе максимального снижения рисков поломок через мониторинг и исследование их причин [10-12]. С экономической точки зрения, TPM позволяет снизить совокупные затраты на поддержание оборудования за счет сокращения аварийных простоев и увеличения межремонтных периодов. RCM представляет собой концепцию прогнозирования отказов и оптимизации ТОиР, включающую разработку графиков ремонтов, планирование замены оборудования и многоуровневый анализ данных [13]. Применение RCM позволяет достичь требуемой эффективности управления активами — производства заданного объема продукции без сбоев в течение фиксированного периода времени [14].

Однако, как отмечает М. Basson, RCM и TPM — это методологии, зародившиеся в эпоху до цифровой трансформации, и в условиях Индустрии 4.0 они сталкиваются с рядом ограничений [15]. Традиционный RCM опирается на исторические данные и экспертный анализ, что недостаточно для прогнозирования в динамичных средах, в то время как современные технологии позволяют собирать и обрабатывать большие данные в реальном времени [16]. Классический RCM не предусматривает автоматизированного мониторинга состояния оборудования и использования машинного обучения, что ограничивает его гибкость [17]. В свою очередь, TPM делает акцент на роли персонала и требует систематического сбора данных, что без цифровых инструментов трудоемко и менее точно. Кроме того, в долгосрочной перспективе масштабное внедрение цифровых технологий может снизить вовлеченность сотрудников, что нарушает принципы TPM [18].

Таким образом, в условиях усиливающейся автоматизации и цифровизации горнодобывающего производства классические методы ТОиР могут стать недостаточными. Сравнительный анализ концепций RCM и TPM в контексте Индустрии 4.0 представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ концепций RCM и TPM в контексте Индустрии 4.0

Критерий	RCM	TPM
Фокус	Надежность оборудования и оптимизация стратегий обслуживания	Вовлечение персонала и минимизация потерь
Слабые стороны в Индустрии 4.0	Ограниченность данных, жесткость процессов, зависимость от человеческого фактора	Конфликт с автоматизацией, ограниченность традиционных методов, сложности с интеграцией данных
Потенциал цифровизации	Предиктивная аналитика, автоматизация сбора данных, цифровые двойники	Интеграция с IoT, цифровые платформы управления, синхронизация с производственными системами
Экономический эффект от цифровизации	Снижение затрат на ТОиР на 10-15% за счет точного прогнозирования отказов	Сокращение простоев на 15-20% за счет оперативного реагирования

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать вывод, что выбор между RCM и TPM не является однозначно альтернативным — это взаимодополняющие подходы, которые в условиях цифровой трансформации могут быть интегрированы. Для горнодобывающих предприятий, характеризующихся высокой стоимостью простоев и сложными условиями эксплуатации, предпочтительной представляется гибридная стратегия: использование RCM-подхода для стратегического планирования ремонтов на основе анализа надежности критического оборудования и TPM-подхода для вовлечения эксплуатационного персонала в ежедневное обслуживание и выявление ранних признаков неисправностей. При этом цифровые инструменты (предиктивная аналитика, IoT-датчики) позволяют нивелировать слабые стороны обеих концепций, обеспечивая сбор данных в реальном времени и автоматизацию принятия решений.

На рисунке 2 представлена авторская схема организации ТОиР с выделением экономических результатов на каждом этапе, которая может служить основой для построения такой системы на горнодобывающих предприятиях.



Рис. 2. Организация ТОиР с выделением экономических результатов (авторская разработка)

Представленная на рисунке 2 схема отражает логическую последовательность этапов ремонтного процесса, начиная от предварительной оценки технического состояния оборудования и заканчивая анализом экономической эффективности проведенных мероприятий.

Ключевым элементом повышения эффективности является внедрение системы показателей, позволяющих оценивать результативность ремонтной деятельности с различных сторон. В таблице 2 представлены основные KPI системы ТОиР, адаптированные для горнодобывающих предприятий.

Таблица 2

Основные показатели эффективности системы ТОиР (KPI)

Показатель	KPI	Описание	Значение для предприятия
Среднее время между отказами	MTBF (Mean Time Between Failures)	Интервал работы оборудования без поломок	Отражает надежность и стабильность оборудования; рост MTBF снижает затраты на аварийные ремонты
Среднее время восстановления	MTTR (Mean Time To Repair)	Время, необходимое для устранения неисправности оборудования	Чем меньше MTTR, тем ниже простои и выше производительность; сокращение MTTR на 10% дает прирост выпуска на 3-5%

продолжение табл. 2

окончание табл. 2			
Показатель	KPI	Описание	Значение для предприятия
Уровень доступности оборудования	Availability	Доля времени рабочего состояния оборудования	Позволяет оценить реальную готовность техники к эксплуатации; целевое значение для горнодобывающих предприятий – не менее 85%
Доля плановых ремонтов	Planned Maintenance Ratio	Соотношение плановых и внеплановых ремонтов	Чем выше показатель, тем более зрелая система ТОиР; рост доли плановых ремонтов снижает аварийные простои на 20-30%
Стоимость ТОиР	Maintenance Cost	Совокупные затраты на ТОиР	Влияет на себестоимость продукции и общий бюджет предприятия; оптимизация затрат – ключевая задача цифровизации

Предложенные показатели охватывают все ключевые аспекты эффективности ремонтной деятельности: надежность (MTBF), оперативность (MTTR), результативность (Availability), зрелость системы планирования (Planned Maintenance Ratio) и экономическую составляющую (Maintenance Cost). В результате образуется сбалансированная система, оценивающая эффективность ТОиР. Особое внимание следует обратить на взаимосвязь показателей: рост MTBF и снижение MTTR приводят к увеличению Availability. Это, в свою очередь, в сочетании с ростом доли плановых ремонтов обеспечивает снижение Maintenance Cost. Предлагается для горнодобывающих предприятий дифференцировать пороговые значения этих показателей. Для основного технологического оборудования (экскаваторы, дробилки, конвейеры) целевое значение Availability должно составлять не менее 90%; для вспомогательного оборудования допустим уровень 80-85%.

Предложенная система KPI позволяет перейти от разрозненной оценки (объем работ, расходы на ремонт) к комплексному анализу. Это помогает избежать «ложной эффективности», когда ремонтная служба выполняет свои задачи, но это не увеличивает общую производительность предприятия [19-21]. Особую значимость рассмотренные вопросы приобретают для горнодобывающих и металлургических предприятий. Непрерывность производственных циклов, высокая фондоемкость оборудования и жесткие требования к безопасности труда делают эффективность системы ТОиР на этих предприятиях одним из ключевых факторов конкурентоспособности и финансовой устойчивости [22, 23].

Заключение

В результате проведенного исследования были получены следующие основные выводы:

1. Выявлены и систематизированы отраслевые особенности горнодобывающих предприятий (непрерывность производства, высокая капиталоемкость, сложные условия эксплуатации, значительный износ, высокая стоимость простоев, импортозависимость), которые определяют специфику организации ремонтных процессов и предъявляют повышенные требования к их экономической эффективности.
2. Уточнена экономическая сущность ремонтной деятельности на горнодобывающих предприятиях. Предложены авторские определения ремонта и технического обслуживания, которые, в отличие от нормативных, фокусируются на экономической целесообразности этих процессов: минимизации потерь от простоев, продлении срока службы активов и оптимизации затрат. Дополнительно, с учетом отраслевой специфики, сформулировано определение процесса ремонта как упорядоченной последовательности действий, обеспечивающей надежность и доступность оборудования в условиях непрерывного производства.
3. Проведен сравнительный анализ концепций RCM и TPM. Показано, что в условиях Индустрии 4.0 обе методологии имеют ограничения: RCM страдает от жесткости и зависимости от исторических данных, а TPM – от потенциального конфликта с автоматизацией и сложности интеграции данных. Однако их цифровая трансформация (через предиктивную аналитику, IoT и цифровые двойники) открывает новые возможности для повышения экономической эффективности. Обоснована целесообразность гибридного подхода; этот подход сочетает стратегическое планирование RCM и вовлечение персонала TPM с интеграцией цифровых инструментов.

4. Обоснована система ключевых показателей эффективности (KPI) системы ТОиР, включающая MTBF, MTTR, Availability, Planned Maintenance Ratio и Maintenance Cost. Комплексное применение предложенных показателей позволяет объективно оценить результативность ремонтных бизнес-процессов.
5. Разработана авторская схема организации ТОиР; на каждом этапе (от планирования до анализа эффективности) выделены экономические результаты. Это позволяет увязать технологические операции с результатами экономической деятельности предприятия.

Литература

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136419> (дата обращения 12.07.2026).
2. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. [Электронный ресурс]. URL: https://prg.kz/document/?doc_id=37715426 (дата обращения 12.07.2026).
3. Кантор Е.Л. Экономика добывающих предприятий и отраслей: монография. М.: ИНФРА-М, 2014. 229 с. ISBN 978-5-16-006828-2.
4. Дикунов И.Э. Тенденции развития горнодобывающей промышленности в России // Бизнес-образование в экономике знаний. 2021. № 2(19). С. 42-44. EDN: YYZWYH.
5. Иващенко Т.И. Процессный подход как метод оптимизации работы логистических систем // Ученые заметки ТОГУ. 2014. Т. 5. № 4. С. 14-19. EDN: TCENXN.
6. Лункин Д.А. Горно-металлургический комплекс: ключевые тренды, пути совершенствования управления // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2018. № 4. С. 98-105. EDN: VOGRCR.
7. Андреева Л.И. Возможности повышения эффективности использования ресурсов в ремонтном производстве // Проблемы недропользования. 2015. № 1(4). С. 134-141. EDN: TMOKJF.
8. Вагин С.Г. Цифровизация российской промышленности: состояние и перспектива развития в условиях санкций и ограничений // Вестник университета. 2023. № 9. С. 103-112. DOI: 10.26425/1816-4277-2023-9-103-112 EDN: MMBIMR.
9. Samarina V., Samarin A., Novikova O., Legkobyt A. Concerning Improving of Spare Parts Quality during Rolling Stock Repair at a Mining Enterprise // IV International Scientific and Practical Symposium "Materials Science and Technology". 2025. Vol. 3347, 020031.
10. Современные тенденции в управлении ТОиР. [Электронный ресурс]. URL: <https://1solution.ru/events/articles/sovremennyye-tendentsii-v-upravlenii-toir/> (дата обращения: 10.07.2026).
11. ГОСТ Р 56020-2020. Бережливое производство. Основные положения и словарь. [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Index/73/73916.htm> (дата обращения: 10.07.2026).
12. Дадонов М.В., Кудреватых А.В., Ащеулов А.С. К вопросу применения принципов бережливого производства в процессе ремонта двигателей карьерных автосамосвалов на базе ООО «Белтранс» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 2(144). С. 18-22. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-18-22 EDN: NYXPMV.
13. ГОСТ Р 27.606-2013. Надежность в технике. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
14. Моубрей, Д. Техническое обслуживание, ориентированное на надежность / пер. с англ. К. А. Зырянова и В. С. Смирнова / под общ. ред. К. А. Зырянова. Екатеринбург: Издатель К. А. Зырянов: Надёжная Книга, 2018. 443 с.
15. Basson M. RCM 3: Risk Based Reliability Centered Maintenance. New York: Industrial press, 2018. 500 p.
16. Kor M., Yitmen I., Alizadehsalehi S. An investigation for integration of deep learning and digital twins towards Construction 4.0 // Smart and Sustainable Built Environment. 2023. Vol. 12(3). P. 461-487. DOI: 10.1108/sasbe-08-2021-0148 EDN: UFSDB.
17. Чехлар М., Жиронкин С.А., Жиронкина О.В. Цифровые технологии Индустрии 4.0 в Майнинге 4.0 - перспективы развития геотехнологии в XXI веке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 3(139). С. 80-90. DOI: 10.26730/1999-4125-2020-3-80-90 EDN: JSJPL.
18. Легкобыт А.С. Концепции RCM и TPM в цифровую эпоху: сравнительный анализ для Индустрии 4.0 // Эффективность экономических агентов в современных условиях: вызовы и стратегии адаптации: Сборник трудов Всероссийского научно-практического семинара. Донецк, 2026. С. 187-191. EDN: NTLEPC.
19. Самарина В.П., Скуфына Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения / В. П. Самарина // Уголь. 2021. № 7(1144). С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24 EDN: SIHQY.

20. Бояркин Д.Н., Новиков Н.И. Критерии и показатели экономической эффективности работы ремонтной службы, обеспечивающей работоспособность основных средств предприятий // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 14(195). С. 127-132. EDN: MSYMJJ.

21. Salimov A.E., Ugli A.E., Ivanov S.L. Evaluation of the efficiency of maintenance of quarry excavators by the share of repair downtime // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2026. no 5. P. 52-65. DOI: 10.25018/0236_1493_2026_5_0_52 EDN: CNGQLB.

22. Самарина В.П., Складова Е.А., Жилинкова А.П. Перспективы развития Российской металлургии в условиях новых экономических вызовов геополитического генезиса // Фундаментальные исследования. 2023. № 3. С. 17-22. DOI: 10.17513/fr.43437 EDN: XBTNWH.

23. Рассолов В.М., Самарина В.П. Формирование инвестиционного климата крупного металлургического предприятия // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. Старый Оскол, 2014. С. 165-169. EDN: TRZWLF.