

УДК 338.45

ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**В.П. Самарина, А.С. Легкобыт**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) Национального исследовательского технологического университета «МИСИС», Старый Оскол, email: samarina_vp@mail.ru

***Аннотация.** Актуальность исследования определяется тем, что в горнодобывающей промышленности, характеризующейся экстремальными условиями эксплуатации и высокими нагрузками на оборудование, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) выступают ключевым фактором, напрямую влияющим на производственную безопасность, уровень простоев и экономическую эффективность предприятия. Отсутствие единой системы объективной оценки качества организации ТОиР приводит к несвоевременному выявлению «узких мест», неоправданным затратам и снижению надежности техники. В статье представлена систематизация показателей оценки качества ремонтных работ и методика расчета интегрального индекса эффективности, позволяющая перевести качественные характеристики в единую 100-балльную шкалу. Предложенный унифицированный подход создает основу для объективного сопоставления эффективности ремонтных подразделений и обоснованного выбора направлений оптимизации, что особенно значимо в условиях необходимости перехода к предиктивному обслуживанию и цифровизации производственных процессов.*

***Ключевые слова:** ремонтные службы, показатели качества, эффективность ремонтной деятельности, простой оборудования, ТОиР, оптимизация, аварийность.*

QUALITY INDICATORS OF TECHNICAL SERVICE AND REPAIR OF MINING EQUIPMENT**V.P. Samarina, A.S. Legkobyt**

Stary Oskol Technological Institute – a branch of National Research Technological University “MISIS”, Stary Oskol, email: samarina_vp@mail.ru

***Abstract:** The relevance of the study is determined by the fact that in the mining industry, characterized by extreme operating conditions and high loads on equipment, maintenance and repair (MRO) are a key factor directly affecting production safety, downtime levels, and the economic efficiency of an enterprise. The lack of a unified system for objectively assessing the quality of MRO organization leads to the untimely identification of bottlenecks, unjustified costs, and reduced equipment reliability. The article presents a systematization of indicators for assessing the quality of repair work and a methodology for calculating an integral efficiency index, which makes it possible to translate qualitative characteristics into a unified 100-point scale. The proposed unified approach creates a basis for an objective comparison of the effectiveness of repair departments and a well-founded choice of optimization directions, which is especially significant in the context of the need to transition to predictive maintenance and the digitalization of production processes.*

***Keywords:** repair services, quality indicators, effectiveness of repair activities, equipment downtime, MRO, optimization, and accidents.*

Дата поступления статьи в редакцию: 30.04.2026

Дата принятия статьи в печать: 15.06.2026

Введение

Горнодобывающая промышленность характеризуется сложными условиями эксплуатации и высокой нагрузкой на оборудование. Износ машин под воздействием агрессивных факторов ведет к простоям и снижению производительности. Рационально организованное техническое обслуживание и ремонт позволяют своевременно выявлять и устранять неисправности, поддерживать технику в исправном состоянии, снижать аварийность и обеспечивать стабильный производственный цикл.

Анализ качества организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) – критически важный этап управления производством. Его цель – выявление резервов повышения надежности, сокращение простоев и оптимизация затрат. Исследованиями в этой области занимались многие ученые. Вопросы комплексной оценки устойчивого развития горно-металлургических

холдингов рассмотрены В.П. Самариной, Т.П. Скуфьиной и Д.Ю. Савон [1]. Проблемы учета и контроля запасов, непосредственно влияющие на обеспеченность ремонтных служб материальными ресурсами, изучены В.Г. Дубовской [2]. Анализ технологических параметров и организации работы вскрышных комплексов посвящена работа В.В. Агафонова и соавторов [3]. Наиболее близкой к теме настоящей статьи является публикация В.А. Азева, В.А. Беклемешева, Б.М. Габбасова и В.А. Хажиева [4], в которой выполнен анализ оценки качества организации ремонтного обслуживания горного оборудования на предприятиях ООО «СУЭК-Хакасия». Влияние внешнеэкономических факторов на логистику экспорта угля, что косвенно сказывается на стабильности работы горнодобывающих предприятий, исследовали А.В. Федоров и Т.О. Графова [5]. Значительное внимание в современной литературе уделяется оценке и прогнозированию рисков отказов: F. Pohlmeier, R. Kins, F. Cloppenburg, T. Gries [6] предложили интерпретируемую оценку риска на основе интеллектуального анализа ассоциативных правил; M. Kolagar, S.M.H. Hosseini и R. Felegari [7] разработали подход к оценке потенциальных рисков и видов отказов в производственных процессах; вопросы учета неопределенности и риска в системах планирования ресурсов подняты А. Хуссейн-Лабибом [8]. Инновационные аспекты деятельности металлургических предприятий, включая аспекты ТОиО, рассматривались В.П. Самариной [9].

Несмотря на значительный объем исследований, охватывающих как макроэкономические аспекты функционирования горно-металлургических холдингов, так и локальные методики оценки рисков и организации ремонтного обслуживания, в известных публикациях не представлено целостной системы унифицированных индикаторов, которая позволяла бы перевести разрозненные качественные характеристики ТОиР горного оборудования в единую количественную шкалу. Отсутствие такого инструмента затрудняет объективное сопоставление эффективности ремонтных подразделений и обоснованный выбор направлений оптимизации. Устранению этого пробела и посвящена настоящая статья.

Актуальность исследования обусловлена:

- высокой стоимостью горного оборудования и его ролью в производственном процессе;
- значительными затратами на ТОиР;
- ростом простоев из-за несвоевременного или некачественного ремонта;
- необходимостью перехода к предиктивному обслуживанию.

Цель исследования

Цель настоящего исследования заключается в разработке и апробации унифицированной системы индикаторов, позволяющей объективно оценивать качество организации технического обслуживания и ремонта горного оборудования и переводить разрозненные производственные данные в единый измеримый показатель эффективности.

Для достижения поставленной цели в работе последовательно решаются следующие задачи:

- обоснование и систематизация индикаторов, всесторонне характеризующих качество организации ТОиР горного оборудования;
- разработка дифференцированной балльной шкалы, отражающей реальную значимость каждого показателя для производственной эффективности;
- создание методики расчета интегрального индекса, позволяющего сворачивать разрозненные оценки в единую 100-балльную шкалу;
- апробация предложенного инструментария на фактических данных ремонтных подразделений АО «Лебединский ГОК»;
- выявление «узких мест» в действующей системе ТОиР и определение приоритетных направлений ее совершенствования.

Достижение поставленной цели и решение научных задач опираются на анализ ключевых критериев, формирующих качество ТОиР, – это своевременность выполнения ремонтных работ, уровень квалификации производственного персонала, гарантированное наличие необходимых запасных частей и материалов, а также действенность систем планирования и контроля ремонтной деятельности.

Материал и методы исследования

Для оценки качества организации ТОиР предложена унифицированная система показателей, сгруппированных в два блока. Каждому показателю соответствует определенная сумма баллов;

при нарушениях баллы вычитаются. Значения баллов для каждого показателя определены авторами на основе системного анализа факторов, формирующих эффективность ТОиР в условиях горнодобывающего предприятия. Исходным принципом послужило ранжирование показателей по силе их влияния на ключевые производственные результаты – продолжительность простоев, затраты на ремонт и уровень промышленной безопасности. Более высокие баллы присвоены тем индикаторам, отклонение от нормы которых вызывает наиболее длительные и затратные остановки оборудования (например, обеспечение запасными частями, механизация трудоемких операций, своевременность постановки в ремонт). Показатели, создающие необходимые условия для качественного выполнения работ, но реже становящиеся прямой причиной аварийных простоев, получили меньшее количество баллов. Дополнительно учитывалась частота фиксации нарушений по каждому направлению, зафиксированная в отчетности ремонтных подразделений АО «Лебединский ГОК» за предшествующий период. Таким образом, предложенная 100-балльная шкала отражает не субъективные предпочтения, а объективную иерархию критичности показателей для стабильной и безопасной работы горного оборудования (табл. 1).

Таблица 1

Показатели для оценки качества организации ТОиР горного оборудования

Показатель	Максимальный балл	Правила начисления и снятия баллов
Блок 1. Индикаторы, определяющие эффективность подразделений по ремонту и эксплуатации оборудования		
1. Оперативная постановка оборудования на ТОиР	10	10 баллов, если все обслуживания начаты в плановые сроки. За каждое обслуживание, начатое с опозданием, снимается 1 балл (до 0).
2. Качество оформления оборудования при передаче в ремонт	12	3 балла начисляются, если служба эксплуатации передает информацию о техническом состоянии до постановки на ремонт. 4 балла – за обязательный анализ масел в лаборатории при каждом ТО. За каждый пропуск анализа снимается 1 балл 5 баллов – за качественную очистку перед началом ТОиР. За каждый случай начала ремонта без очистки снимается 1 балл.
3. Своевременное обеспечение вспомогательным оборудованием	5	5 баллов, если среднее время ожидания вспомогательной техники не превышает 20 минут на одно обслуживание. За каждые лишние 5 минут среднего ожидания снимается 1 балл.
4. Оперативное обеспечение запасными частями и оборотным фондом	8	8 баллов при отсутствии простоев из-за ожидания запчастей. За каждый час простоя по этой причине снимается 1 балл.
5. Предоставление полного пакета документов для выполнения ТОиР	5	5 баллов, если каждое обслуживание сопровождается полным комплектом технической документации. За каждый случай отсутствия документации снимается 1 балл.
Блок 2. Показатели эффективности подразделений, отвечающих за работоспособность		
6. Соблюдение регламентированных сроков выдачи оборудования из ТОиР	8	8 баллов, если не менее 80 % единиц оборудования выданы не позднее одних суток от плановой даты окончания ремонта. За каждую единицу, выданную позже чем через сутки, снимается 1 балл.
7. Соответствие технического состояния стандартам после ТОиР	5	3 балла за очистку оборудования после ремонта. 2 балла, если ремонтный персонал предоставляет операторам рекомендации по рациональным режимам эксплуатации.
8. Техническое состояние рабочих инструментов и условия их хранения	10	4 балла – весь инструмент исправен. 3 балла – для каждого инструмента имеется закрепленное место хранения. 3 балла – имеющегося инструмента достаточно для выполнения всех видов работ.

продолжение табл. 1

окончание табл. 1		
Показатель	Максимальный балл	Правила начисления и снятия баллов
9. Состояние рабочих мест в ремонтном цехе и на площадке	7	По 1 баллу (максимум 7) начисляется, если: – нанесена специальная разметка, – проходы не загромождены, – соблюдается логистика процессов, – запасные части и агрегаты в наличии на складе, – параметры площадок (подъезды, уклон) не препятствуют ремонту, – освещенность рабочих зон соответствует нормам, – отсутствуют посторонние предметы.
10. Механизация ремонтных процессов	10	10 баллов при полной механизации всех трудоемких операций. При частичной механизации снимается 2 балла за каждое обслуживание (до 0).
11. Соответствие требованиям промышленной безопасности	8	4 балла, если уровень освещенности, проветривания и средства безопасности полностью соответствуют требованиям. 4 балла, если достигается требуемое количество выданных нарядазаданий операционному персоналу.
12. Наличие необходимой технической документации, регламентирующей ТОиР	7	5 баллов при наличии утвержденных регламентов на все основные виды обслуживания. За каждый новый разработанный или существенно улучшенный регламент дополнительно начисляется 0,5 балла (максимально возможно добавить до 2 баллов).
13. Качество проведенной диагностики оборудования	5	По 2 балла начисляется, если средства технической диагностики оценивают состояние механического и электрического оборудования соответственно; 1 балл – за оценку гидравлического оборудования.
Итого		100

Интегральный показатель эффективности ТОиР рассчитывается по простой формуле (в процентах):

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{100} * 100\%, \quad (1)$$

где B_i – фактически набранные баллы по каждому из 13 показателей.

Поскольку максимально возможная сумма баллов составляет 100, итоговое значение E сразу представляет собой процент достижения идеального качества организации ТОиР. Например, 73 балла соответствуют эффективности 73 %.

Установлены следующие уровни:

- высокий ($E > 90\%$) – система ТОиР работает стабильно, с минимальными отклонениями;
- хороший (70-90 %) – имеются не критичные недочеты;
- удовлетворительный (50-70 %) – требуются меры по устранению «узких мест»;
- неприемлемый ($E < 50\%$) – необходима существенная оптимизация.

Представленная методика расчета интегрального показателя эффективности позволяет нам получить количественную оценку уровня эффективности ремонтной службы на горнодобывающем предприятии в процентах. Данный метод расчета трансформирует качественные ремонтные процессы в измеримые показатели работы, что позволяет принимать руководству обоснованные решения для уменьшения простоя оборудования, сокращения затрат и увеличения производительности горнодобывающего предприятия.

Проведенная оценка качества ремонтных работ горнодобывающего предприятия позволяет определить средний уровень качества организации ремонтного обслуживания, а также:

- позволяет выявлять сильные и слабые стороны системы ТОиР;
- позволяет установить соответствие между фактическими показателями и нормативными значениями и стандартами;
- позволяет анализировать затраты на ремонтное обслуживание оборудования;
- позволяет определять причины простоя горного оборудования.

Результаты исследования

Ремонтное обслуживание на АО «Лебединский ГОК» – многоэтапный и критически значимый процесс. Главная задача ремонтных подразделений – обеспечение бесперебойной работы технологического оборудования, в первую очередь машин, определяющих объем и качество продукции. Исправность парка поддерживается системой планово-предупредительных ремонтов (ППР), регламентированной корпоративным стандартом «Техническое обслуживание и ремонт оборудования».

На АО «Лебединский ГОК» оценка качества ТОиР происходит в отношении специализированных подразделений, осуществляющих ремонт горнодобывающего оборудования:

- 1) Цех ремонта горного оборудования («Лебгок-РМЗ»). В данном цехе выполняются ремонтные работы, включая восстановление изношенных деталей, наплавка элементов оборудования и другие виды технического обслуживания и ремонта.
- 2) Ремонтно-механическое управление. В данном подразделении проводятся работы по восстановлению изношенных деталей.
- 3) Дирекция по техническому обслуживанию и ремонту. Это подразделение отвечает за планирование, организацию и контроль ремонтных работ.
- 4) Центр управления производством (ЦУП). Данный центр занимается обработкой данных из автоматизированных систем, промышленных датчиков, видеокamer и других источников предоставления информации о работе оборудования.
- 5) Ситуационно-аналитический центр технического обслуживания и ремонтов. Данный центр собирает и обрабатывает данные о работе техники и оборудования комбината, плановых и аварийных остановках на производстве

Для сохранения конфиденциальности названия подразделений заменены условными номерами (рис. 1).

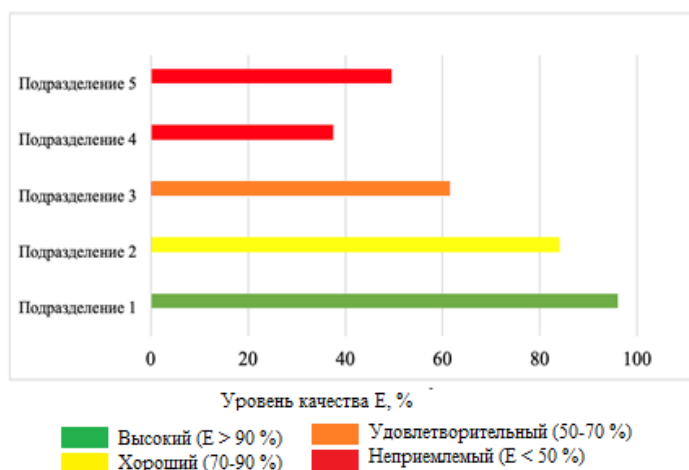


Рис. 1. Оценка качества организации ТОиР АО «Лебединский ГОК» (авторская разработка)

Апробация методики на АО «Лебединский ГОК» в течение четырех кварталов показала средний интегральный показатель на уровне 73 % (удовлетворительный уровень). Детальный анализ выявил:

- высокие баллы получены за своевременность постановки в ремонт и качество оформления;
 - удовлетворительный уровень – за выдачу оборудования после ТОиР и поддержание порядка на рабочих местах;
 - неприемлемо низкие результаты – по послеремонтной очистке (п. 7) и хранению инструмента (п. 8), а также по качеству диагностики (п. 13) и полноте регламентов (п. 12).
- Именно эти направления должны стать первоочередными объектами для улучшений.

Заключение

Проведенная оценка качества организации ТОиР на АО «Лебединский ГОК» выявила удовлетворительный интегральный уровень (73 %) и одновременно четко обозначила направления, сдерживающие общую эффективность. Самые низкие баллы зафиксированы по показателям качества диагностики оборудования (п. 13), наличия технологических регламентов (п. 12),

условий хранения инструмента (п. 8) и послеремонтной очистки (п. 7). Устранение этих «узких мест» неразрывно связано с внедрением цифровых технологий.

Для повышения балла по показателю 13 (диагностика) предлагается оснастить ключевые единицы горного оборудования датчиками вибрации, температуры и встроенными системами анализа масла с непрерывной передачей данных в единую информационную платформу. Это позволит перейти от эпизодического контроля к мониторингу технического состояния в реальном времени и поднять оценку по данному индикатору с текущего низкого уровня до максимальных 5 баллов. Низкий балл по показателю 12 (регламенты) может быть исправлен за счет разработки недостающих технологических карт и их перевода в электронный формат с формированием общедоступной цифровой базы знаний ГОиР.

Проблема неудовлетворительного хранения инструмента (п. 8) решается внедрением системы радиочастотной идентификации (RFID) и автоматизированного складского учета. Такое решение гарантирует закрепление каждого инструмента за своим местом, мгновенное выявление недостачи и, как следствие, получение полных баллов по данному индикатору. Низкий балл по послеремонтной очистке (п. 7) целесообразно повысить за счет применения передвижных механизированных моющих установок, что одновременно увеличит и степень механизации трудоемких операций (п. 10).

Реализация перечисленных мер, нацеленных непосредственно на самые слабые звенья системы ГОиР, способна увеличить интегральный показатель эффективности на 15-20% и перевести организацию ремонтного обслуживания в категорию «хороший» или «высокий» уровень. Достижение такого результата будет означать не просто формальное улучшение цифр, а реальное сокращение внеплановых простоев, повышение коэффициента технической готовности горного оборудования и, в конечном счете, укрепление производственной устойчивости предприятия.

Литература

1. Самарина В.П., Скуфьина Т.П., Савон Д.Ю. Комплексная оценка устойчивого развития горно-металлургических холдингов: проблемы и механизмы их разрешения // Уголь. 2021. № 7 (1144). С. 20-24. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-20-24 EDN: SIHQY.
2. Дубовская В.Г. Методы учета и контроля запасов производственных предприятий // Кооперация науки и общества - путь к модернизации и инновационному развитию: сборник статей Международной научно-практической конференции Калуга, 07 сентября 2024 года. Уфа: ООО «Омега сайнс», 2024. С. 80-84. EDN: MVTQE.
3. Агафонов В.В., Шаповаленко Г.Н., Радионов С.Н., Заляднов В.Ю., Биктеева Н.С. Анализ технологических параметров и организации работы вскрышных комплексов разреза «Черногорский» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. С. 22-35. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-64-22-35 EDN: ZCLELZ.
4. Азев В.А., Беклемешев В.А., Габбасов Б.М., Хажиев В.А. Анализ оценки качества организации ремонтного обслуживания горного оборудования на предприятиях в ООО «СУЭК-Хакасия» // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 1 (183). С. 21-31. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-1-21-31 EDN: NXALMA.
5. Федоров А.В., Графова Т.О. Санкции как «триггер» логистического разворота экспортных потоков угля России на Восток: предпосылки и условия формирования новой географии поставок // Экономические и гуманитарные науки. 2025. № 2 (397). С. 97-106. DOI: 10.33979/2073-7424-2025-397-2-97-106 EDN: LQCWSU.
6. Pohlmeier F., Kins R., Cloppenburg F., Gries T. Interpretable failure risk assessment for continuous production processes based on association rule mining // Advances in Industrial and Manufacturing Engineering. 2022. Vol. 5. DOI: 10.1016/j.aime.2022.100095 EDN: PIGHMN.
7. Kolagar M., Hosseini S.M.H., Felegari R. Developing a new BWMbased GMAFMA approach for evaluation of potential risks and failure modes in production processes // International Journal of Quality & Reliability Management. 2020. Vol. 38. Is.1. P. 273-295. DOI: 10.1108/IJQRM-09-2018-0230 EDN: FWTZNL.
8. Хуссейн-Лабиб А. Учет неопределенности и риска в системах планирования ресурсов // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 26 мая 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2023. С. 252-255. EDN: JNIGLC.
9. Самарина В.П. Оценка факторов влияния на инновационную деятельность металлургического предприятия // European Social Science Journal. 2013. № 10-2 (37). С. 405-412. EDN: RTGGZL.