

Дрыгин Михаил Юрьевич, канд. техн. наук

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: mike.drygin@gmail.com

## АНАЛИЗ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Аннотация:** В статье приведен обзор и выполнен анализ различных систем поддержания в рабочем состоянии технологического оборудования горных предприятий. Особое внимание уделено системе планово-предупредительных ремонтов, действующей с 1983 года на угольных разрезах. Отмечено, что она требует значительных финансовых затрат, значительного времени простоя оборудования в плановом ремонте. Глубина планирования не допускает резких изменений условий эксплуатации оборудования, а при их изменении рушится вся система. Отсутствие гибкости делает систему очень жесткой. Установлено, что современная система технического обслуживания и ремонта оборудования по его фактическому техническому состоянию требует осуществления постоянного мониторинга оборудования. Это возможно только при наличии значительного штата специалистов технического диагностирования, наличии высокой культуры производства. Предлагается органически сочетать комплексы превентивных и реактивных систем ремонта, применяемых как к парку в целом, так и машине или ее отдельному узлу в частности, что позволит провести модернизацию системы ППР, взяв из нее лучшее – планирование и существующие нормы планирования, и добавить в нее гибкости.

**Ключевые слова:** Экскаватор, техническая диагностика, система планово-предупредительных ремонтов, фактическое техническое состояние, реактивный ремонт, проактивная система.

**Информация о статье:** принята 21 мая 2020 г.  
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-35-43

### Введение

В настоящее время на угольных предприятиях России действует система поддержания технологического оборудования в рабочем состоянии, основанная на планово-предупредительных ремонтах (ППР). Анализируя систему ППР и нормативную документацию, являющуюся ее основой, можно сделать вывод, что система ППР до настоящего времени себя не изжила, а лишь требует нового к ней подхода [1]. Он заключается в наполнении системы ППР элементами системы ремонтов в зависимости от фактического состояния оборудования [2].

Установлено, что фактическая эксплуатационная производительность экскаваторов угольных разрезов Кузбасса не зависит от износа машин по сроку и выполненным объемам [3]. Однако их годовая производительность падает ввиду увеличения времени простоев. Не спасает положение слабая тенденция обновления экскаваторного парка. Вновь вводимые экскаваторы не играют значительной роли в увеличении объема добычи угля.

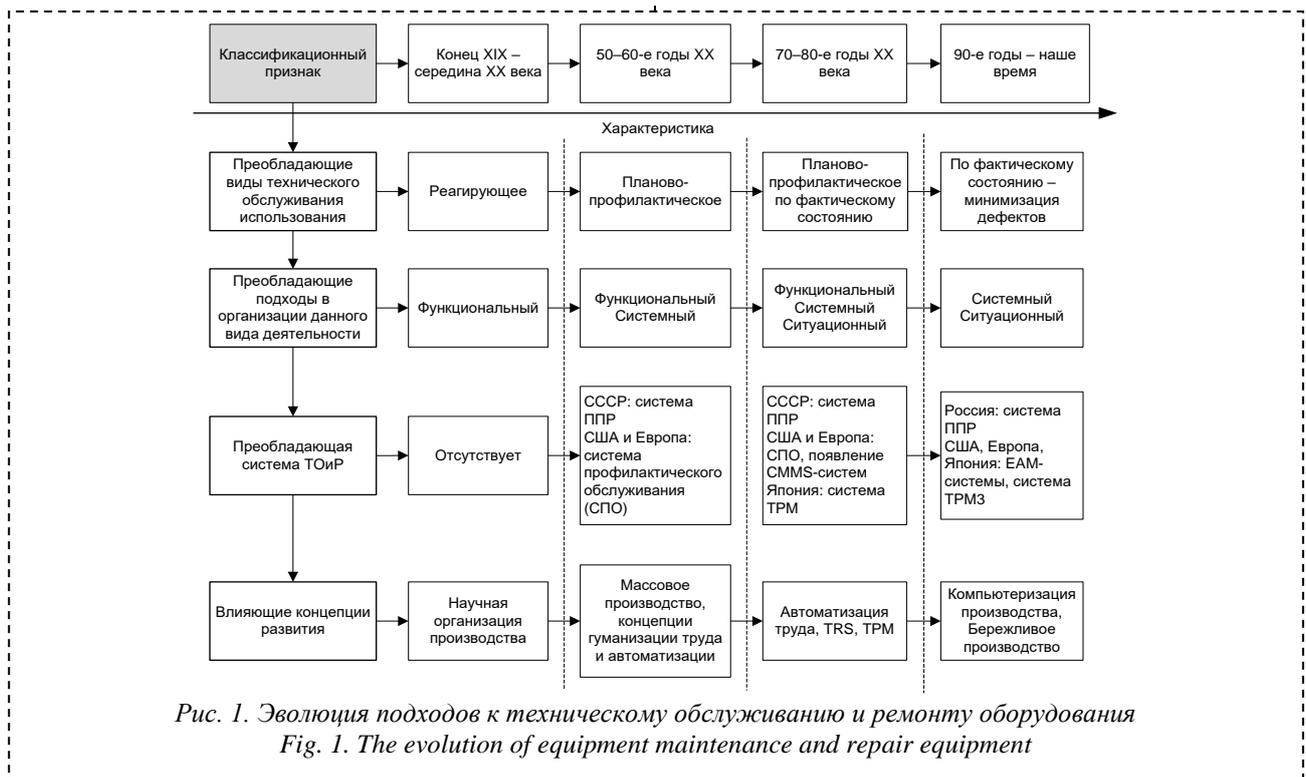
Выполненный сравнительный анализ работы более 200 экскаваторов по Кузбассу – крупнейшему угледобывающему региону России – показал, что импортные машины выполняют норматив выработки на 82%, а отечественные – на 110% [4]. При этом вариативность выполнения

норматива у импортных машин низкая, т.е. приблизительно все импортные машины работают одинаково, а у отечественных машин вариативность высокая. Часть отечественных машин перевыполняют показатели более чем в два раза, а часть не выполняет и половины нормы. Опыт показывает, что в отечественные экскаваторы заложен значительный резерв производительности еще на стадии проектирования, который неоднократно подтверждался рекордами производительности, значительно перекрывающими нормативные показатели.

### Обзор систем технического обслуживания и ремонта

В настоящее время ремонт техники регламентируется государственными стандартами (ГОСТ 18322-78, ГОСТ20831-79, ГОСТ 21571-76, ГОСТ 21623-76, ГОСТ 22952-78, ГОСТ 23660-79 и др.). Однако эти стандарты не учитывают особенности и режимы работы машин различного отраслевого применения. Поэтому в каждой отрасли разрабатываются свои Положения о техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) однотипного оборудования [5].

Согласно ГОСТ 18322-78, под системой ТОиР техники понимается «совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей,



необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему». Целью системы ТОиР является обеспечение безопасной, безаварийной, высокопроизводительной работы оборудования.

Основными задачами системы ТОиР являются [6]:

- обеспечение требуемого уровня надежности;
- обеспечение безопасности и экологичности при эксплуатации;
- снижение финансовых и трудовых затрат на ремонт и эксплуатацию;
- сокращение времени простоев;
- повышение уровня эффективности использования оборудования.

Организация ТОиР основывается на выборе критериев оценки эффективности, формировании стратегии и определении методов достижения цели. Если отталкиваться от определения, что система ТОиР – это не что иное, как совокупность взаимосвязанных средств, методов, документации и исполнителей, то под стратегией ТОиР подразумевается обобщенная модель действий, направленных на достижение поставленных целей путем распределения имеющихся ресурсов предприятия [7]. Это в общем является неким сводом базовых правил – критериев работы службы эксплуатации и ремонта. На рис. 1 схематично представлена эволюция подходов к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в историческом аспекте [8].

Существуют две принципиально разные методики ТОиР, различающиеся по способу получения информации: стохастическая модель на основе вероятностных статистических показателей и детерминированная модель на основе сведений

о фактическом техническом состоянии оборудования.

В целом можно выделить следующие критерии системы ТОиР [9]:

1. Периодичность ремонта – это интервал наработки оборудования в часах между окончанием данного вида обслуживания (ремонта) и началом последующего такого же ремонта или другого профилактического воздействия большей (меньшей) сложности.
2. Продолжительность ремонта – это регламентированный интервал времени (в часах) от момента вывода оборудования из эксплуатации для проведения планового ремонта до момента его ввода в эксплуатацию в нормальном режиме.
3. Трудоемкость ремонта – это трудозатраты на проведение одного вида ремонта, выраженные в человеко-часах.
4. Финансовые затраты – то, сколько материальных средств необходимо для проведения обслуживания (ремонта).
5. Уровень квалификации специалистов – уровень умений и знаний обслуживающего персонала, необходимый для проведения корректирующих мероприятий/мероприятия в системе ТОиР.
6. Размер складских резервов для обеспечения системы ТОиР.

При этом методы ТОиР делят на реактивные и превентивные. Под реактивными понимаются методы ТОиР, ремонтные воздействия в которых наступают по факту отказа. Исторически под первой стратегией ТОиР подразумевалось, что ремонтные воздействия происходят только по факту полной потери работоспособности оборудования. Это не требует какой-либо квалификации обслуживающего персонала, направленной

на выявление дефектов. При этом допустимо полное отсутствие планирования ремонтов и каких-либо данных об оборудовании, из чего вытекает главное достоинство – минимальная квалификация ремонтной службы.

Однако в конечном итоге это влечет значительные затраты на ликвидацию аварийной остановки оборудования, пиковое увеличение численности ремонтной службы, так как нет графика работ, минимизирующего пиковые нагрузки и распределяющего работу равномерно в течение времени. Часто ликвидация аварийной остановки требует сложнейших технических решений с привлечением квалифицированных специалистов. При этом единственным методом поддержания какой-либо приемлемой работоспособности является наличие значительного по объему склада запасных частей и/или резервных мощностей, вводимых в эксплуатацию при разрушении, что в свою очередь ведет к снижению ликвидности производимого продукта.

Таким образом, реактивный (аварийный) ремонт характеризуется значительными затратами, длительностью и сложностью устранения дефекта (так как к разрушенному узлу, часто необходимо применять нестандартные методы демонтажа). Он отличается практически полным отсутствием возможности прогнозирования сроков, стоимости и трудоемкости устранения дефекта, а следствия простоя оборудования. Отличается наиболее частым травматизмом из-за неподготовленности персонала к работам по причине отсутствия технологических карт на проведение нестандартного демонтажа и проведения работ во внеурочное и/или ночное время.

Реактивные методы ТОиР рационально применять для отдельных узлов и оборудования в целом, не обладающих значительной ценностью, когда стоимость их ремонта выше стоимости аналогичных бездефектных узлов с учетом всех возможных потерь, включая простои и стоимость последствий аварий.

Превентивные ТОиР нацелены на недопущение аварий и отказов, вызванных критическим износом, а также недопущение повышенных (деградационных) скоростей износа посредством превентивного планирования ремонтов и проведения такового до момента разрушения, в идеале дав оборудованию выработать свой ресурс, но не допустив разрушения, а также последствий деградация узла и/или его элемента, влекущих разрушение смежного узла.

Основными методами превентивных ТОиР являются:

- ППР, при котором на каждую единицу оборудования оформляется документация с указанием времени, типа и вида технического обслуживания и ремонта.

- Обслуживание по фактическому техническому состоянию (ФТС), основанное на мониторинге технического состояния оборудования с глубокой диагностикой. Выполняется ремонт

только узлов, выработавших свой ресурс наиболее близко к 100%.

### **Система планово предупредительных ремонтов**

Первые попытки создания системы ППР можно отнести к 20-м годам прошлого века, а первые попытки внедрения системы – к 30-м годам. Наблюдение за процессом ремонта, анализ сроков пребывания оборудования в ремонте и трудоемкости процесса позволили привести к стабилизации и нормированию сроков и затрат на проведение работ, ввести периодичность их проведения для однотипного оборудования. Были разработаны методики планирования и расчета объемов работ, где основным критерием планирования ремонта стало фактически отработанное время [10].

Основным нормативным документом, регламентирующим содержание и внедрение системы ППР на предприятиях угольной отрасли, стало принятое в 1983 году и действующее по настоящее время Положение о планово-предупредительном ремонте оборудования открытых горных работ [11].

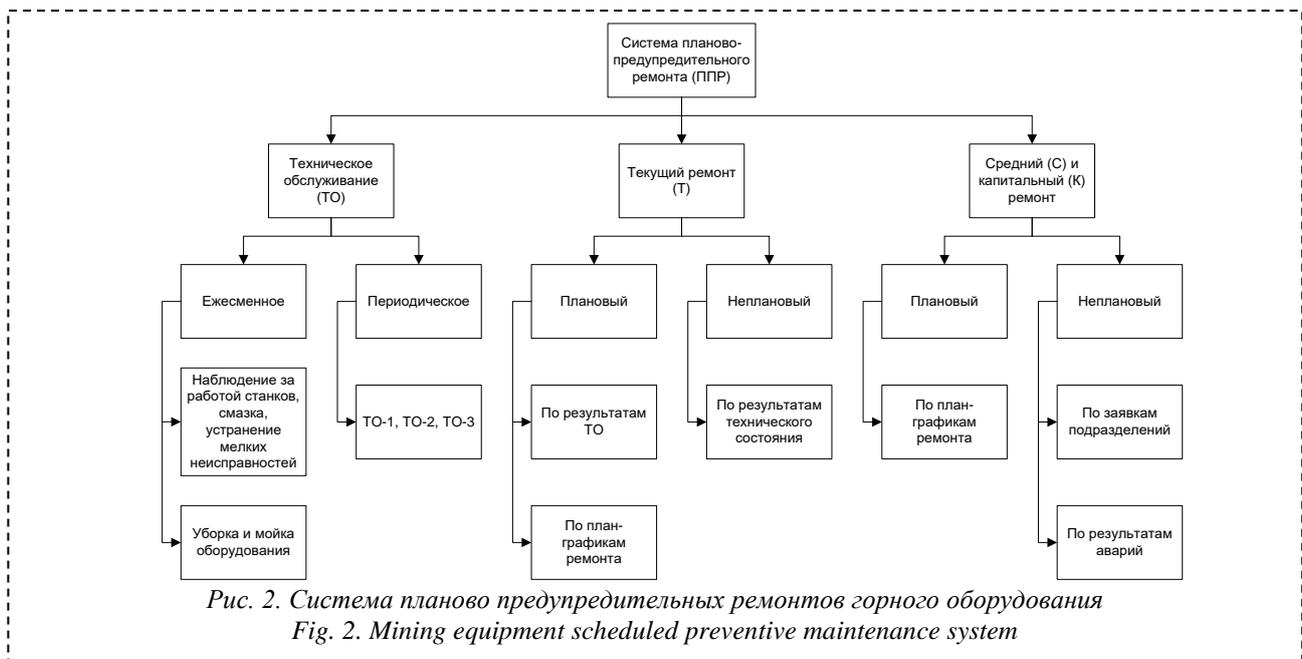
Сущность системы ППР заключается в том, что при определенной наработке машино-часов и/или объемов производятся различные виды плановых ремонтов, последовательность которых должна быть определена исходя из ресурса деталей и условий эксплуатации оборудования. При этом базовая периодичность обслуживания определена методами статистического анализа, то есть обслуживание проводится в соответствии с регламентирующими документами, а период между обслуживаниями не превышает период, в течение которого не менее 98% оборудования работает безотказно.

В то же время Положение оговаривает возможность совершенствования системы ППР посредством разработки и внедрения автоматизированных систем управления техническим обслуживанием и ремонтами, совершенствование технологии ремонта, внедрение специализированных контрольно-измерительных приборов и средств в практику выполнения ремонтных работ для повышения их качества, внедрение прогрессивных методов технического обслуживания.

Положение определяет виды межремонтных технических обслуживаний: ежесменное, ежесуточное, еженедельное, ежедекадное, сезонное, а также видов ремонта – капитальный (К), средний (С), текущий (Т) и месячный (Тм). Причем ежесменное техническое обслуживание позиционируется как основное профилактическое мероприятие, направленное на значительное увеличение срока службы, и предусматривает проведение в период приема-сдачи смены и в периоды технологических простоев (рис. 2).

Согласно Положению определены следующие термины:

- капитальный ремонт – восстановление исправности, близкое к полному восстановлению ресурса оборудования, заключается в полной



разборке и дефектации всех сборочных единиц, сборке с последующей комплексной проверкой и испытанием (в настоящее время практически не проводится);

- средний ремонт – ремонт либо замена только изношенных и поврежденных частей. Объем ремонта устанавливается дефектными ведомостями, составленными исходя из фактического состояния оборудования. Дефектная ведомость должна предусматривать профилактические работы по предупреждению наиболее часто повторяющихся отказов;

- текущий ремонт включает устранение неисправностей, препятствующих нормальному использованию оборудования, замену узлов и агрегатов, требующих ремонта в заводских условиях;

- ежемесячный текущий ремонт предполагает восстановление рабочего оборудования, тормозной и пневматической системы, ревизию электрической, а также устранение выявленных неисправностей. Производится на основании утвержденного графика в течение месяца.

Периодичность ремонтов устанавливается исходя из ресурса деталей в единицах наработки оборудования, например, для экскаваторов – в объеме переработанной горной массы (тыс. м<sup>3</sup>). При этом коэффициентами учитываются условия эксплуатации [12].

Планирование ремонтных работ подразделяется на долгосрочное (пятилетнее), годовое и текущее (месячное). Основой планирования служат нормативы Положения и данные о техническом состоянии оборудования, накопленные в процессе его эксплуатации. При годовом планировании обязательно установление сроков и объемов работ в соответствии с дефектной ведомостью и уточнение объемов при текущем планировании в зависимости от технического состояния оборудования. Результатом планирования является пятилетний график проведения капитальных, средних и текущих ремонтов, годовой график плановых

ремонтов и месячный график. График ремонта должен быть взаимосвязан с планом ведения горных работ, финансированием, материально-техническим обеспечением и модернизацией оборудования. Месячные ремонты проводятся исходя из годового графика, откорректированного с учетом фактических изменений в парке оборудования (фактическое техническое состояние), при необходимости дополняются ремонтами, не включенными в годовой график (рис.3) [13].

Подготовка к ремонту подразумевает обустройство ремонтной площадки (подъезды, освещение), обеспечение наличия запасных частей и ремонтной документации, комплектацию, а при необходимости изготовление приспособлений и инструмента. Проведение текущих и месячных ремонтов должно проводиться силами ремонтных служб с привлечением экипажей, капитальных и средних – силами централизованных ремонтных предприятий или специализированных организаций, а составление дефектных ведомостей – с привлечением исполнителя ремонта. Капитальные и средние ремонты уникальных экскаваторов, таких, как ЭШ-40/85, должны проводиться по непрерывному графику, а стоимость основана на стоимости восстановления деталей согласно дефектной ведомости [12].

Таким образом, система ППР основана не только на плановой замене (по наработке) составных частей оборудования, но и на постоянном контроле технического состояния оборудования. А дефектная ведомость, являющаяся неотъемлемой частью системы ППР – один из важнейших документов, на корректном составлении которого основан баланс всей системы.

Однако следует отметить существенные недостатки системы ППР. В первую очередь она требует значительных финансовых затрат, значительное время простоя оборудования в плановом ремонте. Она не допускает работу оборудования с прогрессирующим износом деталей и узлов и

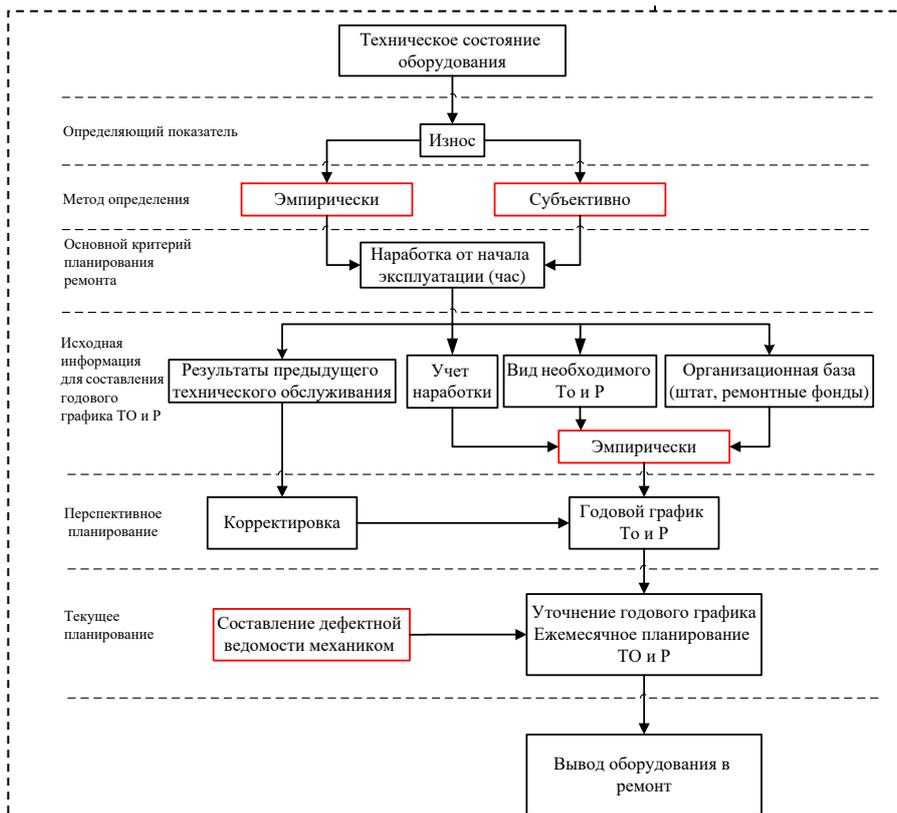


Рис. 3. Принципиальная схема планирования ППР  
 Fig. 3. The concept of planning PPR

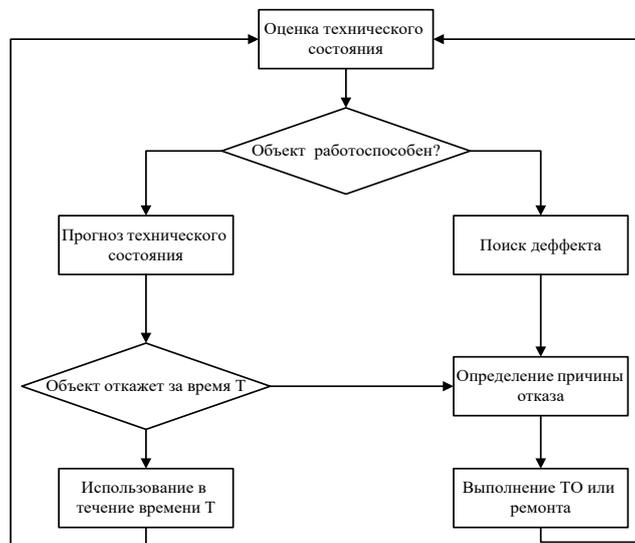


Рис. 4. Схема процесса ТОиР по фактическому техническому состоянию  
 Fig. 4. Scheme of the maintenance and repair process according to the actual technical condition

дефектами различного характера, критичность которых не всегда влияет на безопасность и работоспособность. Глубина планирования не допускает резких изменений условий эксплуатации оборудования, а при их изменении рухнет вся система. Отсутствие гибкости делает систему очень жесткой.

#### ТОиР по фактическому техническому состоянию

ется влияние ненужного ремонтного воздействия, а за счет снижения количества ремонтов сокращаются послеремонтные отказы.

Схема ТОиР по фактическому техническому состоянию показана на рис. 4 [15].

Реализация ТОиР по фактическому техническому состоянию связана с затратами на диагностирование и прогнозирование.

В 70-80-ые года XX века благодаря развитию электроники и внедрению ее в производство стала активно применяться мобильная (переносная) аппаратура неразрушающего контроля. Она позволила производить оперативную диагностику состояния оборудования на месте ее эксплуатации. В 90-х годах началось ее применение в угольной отрасли. Развитие теории надежности, теоретические и практические исследования в этой области дали научную основу формирования новой области научных знаний – технической диагностики. Она была направлена на реализацию новой стратегии ТОиР по фактическому техническому состоянию [14].

Основой идеологии ТОиР по фактическому техническому состоянию является устранение основного недостатка системы ППР – сведение к минимуму необоснованного количества ремонтов в целях сокращения затрат и повышения надежности и времени эксплуатации оборудования. Основная идея данной системы ТОиР – вывод в ремонт только тех узлов и механизмов оборудования, которые полностью выработали ресурс в необходимый (возможный) момент времени с учетом недопущения их аварийного разрушения именно благодаря глубокой диагностике.

Периодический контроль технического состояния при приближении показателей технического состояния оборудования к критическому должен обеспечивать принятие решения о ремонтных корректирующих воздействиях. Тем самым исключается

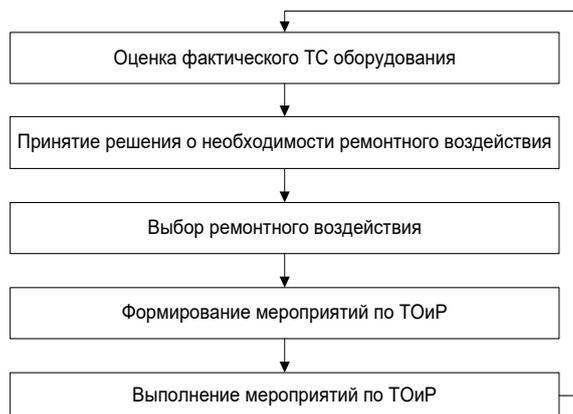


Рис. 5. Схема стратегии проактивного технического обслуживания  
 Fig. 5. Proactive Maintenance Strategy Diagram

приводят к появлению тех или иных неисправностей, влекущих как полное разрушение узла/механизма, так и разрушение смежных узлов.

Определяя и выполняя необходимые ремонтные воздействия (например, центровка соединительных муфт) или техническое обслуживание (например, более частая замена фильтров двигателя внутреннего сгорания, работающего в режиме высокой запыленности) как превентивную меру, возможно снижение скорости развития дефектов. Следствие этого – про-

К недостаткам системы ТОиР по ФТС можно отнести необходимость постоянного мониторинга оборудования. Это требует наличия значительного штата специалистов технического диагностирования, наличия высокой культуры производства и непрерываемого доверия к специалистам технического диагностирования. В то же время достоверная глубина диагностики, как правило, не превышает 2-3 месяцев, то есть является вероятностным фактором; долгосрочное планирование становится сложнейшей задачей.

Поэтому использование системы ТОиР по фактическому техническому состоянию оправдано на оборудовании значительной стоимости. Потери от выхода из строя и от простоев такого оборудования оправдывают содержание штата специалистов для его постоянного мониторинга. Именно таким оборудованием являются экскаваторы.

#### Проактивная система ТОиР

Значительное количество исследователей сходятся во мнении, что проактивная стратегия обслуживания и ремонта выделяется как наиболее эффективная, перспективная и целесообразная стратегия ремонта в современных экономических условиях [16]. Она объединяет в себе достоинства превентивных воздействий системы ППР и планирование ремонтов, основанное на глубокой диагностике в системе ТОиР по ФТС.

Сущность проактивной ТОиР заключается в незамедлительном устранении выявленных в ходе диагностики неисправностей и/или применения воздействующего обслуживания, снижающего скорость развития неисправности (например, замена смазки в подшипнике). Основой идеологии проактивной системы ТОиР является то, что все дефекты рассматриваются в их эволюционном развитии. Они проходят такие стадии, как зарождение, развитие, деградацию и разрушение. Они присутствуют во всех узлах и единицах оборудования в явном или неявном виде и усугубляются в процессе эксплуатации нарушениями режимов работы, сверхтяжелыми нагрузками, неправильным или недостаточным обслуживанием, человеческим фактором. В итоге они

приводят к появлению тех или иных неисправностей, влекущих как полное разрушение узла/механизма, так и разрушение смежных узлов. Определяя и выполняя необходимые ремонтные воздействия (например, центровка соединительных муфт) или техническое обслуживание (например, более частая замена фильтров двигателя внутреннего сгорания, работающего в режиме высокой запыленности) как превентивную меру, возможно снижение скорости развития дефектов. Следствие этого – про-

дление времени нахождения оборудования в работоспособном техническом состоянии (рис. 5). Проактивная система ТОиР также базируется на методах технического диагностирования и неразрушающего контроля.

Основанием для выполнения превентивного обслуживания узла является выявление в нем повышенных износных процессов, а для ремонта – ситуация, при которой износ или деградирование одного узла приводит к повышенному износу смежного. В результате обеспечиваются максимально низкие простои в ремонтах и минимальные затраты на их выполнение.

Но, с другой стороны, это требует привлечения ответственных специалистов высокой квалификации для постоянного мониторинга технического состояния оборудования и постоянных превентивных корректирующих воздействий, которые в свою очередь требуют высококвалифицированного и ответственного ремонтного персонала.

#### Результаты и обсуждение

На основании выполненного анализа методов организации, преимуществ и недостатков различных систем ТОиР установлено, что ни одна из них не может быть однозначно рекомендована к использованию на современном российском угольном предприятии. Это касается применения и зарубежного опыта организации ТОиР.

Причин такого положения несколько, в первую очередь – критический износ парка технологического оборудования, отсутствие возможности в кратчайшие сроки заменить весь парк на новый из-за недостаточных внешних и внутренних финансовых ресурсов, отсутствие возможности провести ремонт всего парка оборудования до уровня «исправен».

Второй причиной является значительная изменчивость внешней среды угольных предприятий. Она требует гибкости системы планирования и оперативного изменения планов по каждой единице оборудования в пределах от «вывод из эксплуатации» до «максимальная производительность, простои недопустимы».

Третья причина – низкая производительность труда, сопровождающаяся низкой культурой производства. В основе ее лежит текучка кадров, их малая вовлеченность в трудовой процесс и низкая мотивация.

Решением обозначенных выше проблем может явиться применение комплекса превентивных и реактивных систем ремонта, применяемых как к парку в целом, так и машине или ее отдельному узлу в частности. В зависимости от типа оборудования, функций, выполняемых им, и ресурсов, имеющихся для выполнения поставленных задач, это позволит отслеживать эффективность текущих решений и корректировать их. При этом важное значение имеет использование современных информационных систем, базирующихся на методах технической диагностики, и обеспечивающих сбор информации и ее обработку. Фактически требуется провести модернизацию системы ППР, взяв из нее лучшее – планирование и существующие нормы планирования – и добавить в нее гибкости.

Для этого первично необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать систему ранжирования парка и узлов оборудования по значимости с целью расстановки приоритетов и назначения вида ТОиР в зависимости от функций, выполняемых оборудованием, и ресурсами, имеющимися для выполнения этих функций.

2. Разработать методические основы определения, какие системы ремонта, и к какой группе, машине, узлу, при каких условиях применять.

### Выводы

1. Действующая с 1983 года на угольных предприятиях Российской Федерации система поддержания технологического оборудования в рабочем состоянии базируется на превентивном проведении плано-предупредительных ремонтов. Несмотря на более чем тридцатипятилетний период использования, она не потеряла своей актуальности, однако в современных условиях требует к себе нового подхода.

2. Благодаря развитию технической диагностики и использованию современных методов неразрушающего контроля стало возможным проведение технического обслуживания и ремонта оборудования по его фактическому техническому состоянию. Однако такая система требует осуществления постоянного мониторинга оборудования. Это требует наличия значительного штата специалистов технического диагностирования, наличия высокой культуры производства.

3. Проактивная система проведения технического обслуживания и ремонтов базируется на использовании достижений современной трибологии и технической диагностики, однако, как и система ТОиР, по фактическому техническому состоянию требует привлечения ответственных специалистов высокой квалификации для постоянного мониторинга технического состояния оборудования и постоянных превентивных

корректирующих воздействий, которые в свою очередь требуют высококвалифицированного и ответственного ремонтного персонала.

4. Органическое сочетание комплекса превентивных и реактивных систем ремонта, применяемых как к парку в целом, так и машине или ее отдельному узлу в частности, позволит провести модернизацию системы ППР, взяв из нее лучшее – планирование и существующие нормы планирования – и добавить в нее гибкости. При этом важное значение имеет использование современных информационных систем, базирующихся на методах технической диагностики, и обеспечивающих сбор информации и ее обработку.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drygin, M. Improving the Repair Planning System for Mining Equipment on the Basis of non Destructive Evaluation Data / M. Drygin, N. Kuryshkin // E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20-22 November 2017, EDP Sciences. – V. 21. – P. 03011.

2. Drygin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017, EDP Sciences. – V. 15. – P. 03011.

3. Drygin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017, EDP Sciences. – V. 15. – P. 03010.

4. Дрыгин, М. Ю. Диагностика состояния тяжелой горной техники при плано-предупредительных ремонтах / М. Ю. Дрыгин, Н. П. Курьшкин // Динамика систем, механизмов и машин. – 2017. – Т. 5. – № 2. – С. 115-122.

5. Бобровицкий, В. И. Совершенствование системы ТОиР оборудования в условиях централизации ремонтной службы предприятия / В. И. Бобровицкий, А. В. Сидоров // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – 2011. – № 1 (24). – С. 23-28.

6. Кизим, А. В. Постановка и решение задач автоматизации работ по ремонту и техническому обслуживанию оборудования // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2009. – № 2 (20). – С. 131-135.

7. Холоденин, А. А. Сравнение стратегий технического обслуживания электрооборудования // Материалы X региональной научно-технической конференции «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». – Ставрополь: СевКав-ГТУ, 2006.

8. Ерохин, Е. А. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования / Е. А. Ерохин, А. Н. Осинцев // Организатор производства. – 2009. – Т. 43. – № 4. – С. 37-41.

9. Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: Справочник. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006. – 360 с.

10. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Т. 1. Методология, организация, терминология / В. С. Авдужевский [и др.]; под ред. А. И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 223 с.

11. Батжаргал, Д. Основные принципы разработки системы планово-предупредительного ремонта горнотранспортного оборудования на угольных карьерах МНР / Д. Батжаргал, Л. Олзийхишиг // Доклады научной конференции преподавателей МПИ. – Улан-Батор, 1983. – С. 54-57.

12. Положение о планово-предупредительном ремонте оборудования открытых горных работ на предприятиях угольной промышленности СССР. – М.: Минуглепром СССР, 1983. – 46 с.

13. Ганицкий, В. И. Принципы оптимального планирования ремонтов горного оборудования / В. И. Ганицкий, Е. И. Черникова // Проблемы управления горными предприятиями будущего. – М.: Недра, 1972. – С. 108-111.

14. Ловчиновский, Э. В. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий: методическое пособие. – М.: ИПУ РАН, 2006. – 386 с.

15. Романов, Р. А. Современные средства и методики диагностики оборудования горнодобывающей и горноперерабатывающей отрасли согласно концепции "Надежное оборудование" / Р. А. Романов, В. В. Севастьянов, А. П. Печеневский // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – 2008. – № 2. – С. 24-36.

**Mikhail Yu. Drygin, C. Sc. in Engineering,**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russia

## **ANALYSIS OF TECHNICAL MAINTENANCE SYSTEMS AND REPAIR OF MINING EQUIPMENT**

**Abstract:** *The article provides a review and analysis of various systems for maintaining the operational equipment of mining equipment. Particular attention is paid to the system of planned preventive repairs operating in coal mines since 1983. It is noted that it requires significant financial costs, significant downtime of equipment in scheduled repairs. Depth of planning does not allow sharp changes in the operating conditions of equipment. And when they change, the whole system collapses. The lack of flexibility makes the system very rigid. It has been established that a modern system of maintenance and repair of equipment according to its actual technical condition requires constant monitoring of the equipment. This is possible only if there is a significant staff of technical diagnostics specialists and a high production culture. It is proposed to organically combine the complexes of preventive and reactive repair systems applied both to the fleet as a whole and to the machine or its individual unit, in particular, which will allow for the modernization of the PPR system, taking from it the best - planning and existing planning standards, and add to it flexibility.*

**Keywords:** *Excavator, technical diagnostics, scheduled preventive repair system, actual technical condition, jet repair, proactive system.*

**Article info:** received May 21, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-35-43

### **REFERENCES**

1. Drygin, M. Improving the Repair Planning System for Mining Equipment on the Basis of non Destructive Evaluation Data / M. Drygin, N. Kuryshkin // E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20-22 November 2017, EDP Sciences. – V. 21. – P. 03011.

2. Drygin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S

Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017, EDP Sciences. – V. 15. – P. 03011.

3. Drygin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof.

Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017, EDP Sciences. – V. 15. – P. 03010.

4. Drygin, M. Yu. Diagnostika sostoyaniya tyazhelyo gornoy tehniky pri planovo-predupreditelnykh remontakh [Diagnostics of the condition of heavy mining equipment during scheduled preventive repairs] / M. Yu. Drygin, N. P. Kuryishkin // Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin [Dynamics of systems, mechanisms and machines]. – 2017. – T. 5. – № 2. – P. 115-122.

5. Bobrovitskiy, V. I. Sovershenstvovanie sistemy TOiR oborudovaniya v usloviyakh tsentralizatsii remontnoy sluzhbyi predpriyatiya [Improving the equipment maintenance and repair system in the conditions of centralization of the enterprise repair service] / V. I. Bobrovitskiy, A. V. Sidorov, // Vibratsiya mashin: izmerenie, snizhenie, zaschita [Machine vibration: measurement, reduction, protection]. – 2011. – № 1 (24). – P. 23-28.

6. Kizim, A. V. Postanovka i reshenie zadach avtomatizatsii rabot po remontu i tehnikeskomu obsluzhivaniyu oborudovaniya [Setting and solving problems of automation of repair and maintenance of equipment] // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki [Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics]. – 2009. – № 2 (20). – P. 131-135.

7. Holodenin, A. A. Sravnenie strategiy tehnikeskogo obsluzhivaniya elektrooborudovaniya [Comparison of electrical maintenance strategies] // Materialy H regionalnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Vuzovskaya nauka – Severo-Kavkazskomu regionu» [Materials of the X regional scientific and technical conference "University science - to the North Caucasus region"]. – Stavropol: SevKavGTU, 2006.

8. Erohin, E. A. Evolyutsiya sistem tehnikeskogo obsluzhivaniya i remonta oborudovaniya [The evolution of equipment maintenance and repair systems] / E. A. Erohin, A. N. Osintsev // Organizator proizvodstva [Production organizer]. – 2009. – T. 43. – № 4. – P. 37-41.

9. Yaschura, A. I. Sistema tehnikeskogo obsluzhivaniya i remonta obshepromyshlennogo oborudovaniya: Spravochnik [System for the maintenance and repair of general industrial equipment: Reference]. – M.: Izdatelstvo NTs ENAS [Publishing House NTs ENAS], 2006. – 360 p.

10. Nadezhnost i effektivnost v tehnikе: Spravochnik: V 10 t. T. 1. Metodologiya, organizatsiya, terminologiya [Reliability and efficiency in technology: Reference: In 10 t. T. 1. Methodology, organization, terminology] / V. S. Avduevskiy [i dr.]; pod red. A. I. Rembezoyi. – Moscow: Mashinostroenie [Engineering], 1986. – 223 p.

11. Batzhargal, D. Osnovnyie printsipyi razrabotki sistemyi planovo-predupreditelnogo remonta gorno-transportnogo oborudovaniya na ugolnykh karerakh MNR [The basic principles of developing a system of preventive maintenance of mining and transport equipment in the coal mines of the MPR] / D. Batzhargal, L. Olziyishig // Doklady nauchnoy konferentsii prepodavateley MPI [Reports of the scientific conference of MPI teachers]. – Ulan-Bator, 1983. – P. 54-57.

12. Polozhenie o planovo-predupreditelnom remonte oborudovaniya otkrytykh gornykh rabot na predpriyatiyakh ugolnoy promyshlennosti SSSR [Regulations on scheduled preventive maintenance of equipment for open cast mining at the enterprises of the USSR coal industry]. – M.: Minugleprom SSSR [Minugleprom USSR], 1983. – 46 p.

13. Ganitskiy, V. I. Printsipyi optimalnogo planirovaniya remontov gornogo oborudovaniya [Principles of optimal planning of repairs of mining equipment] / V. I. Ganitskiy, E. I. Chernikova // Problemy upravleniya gornymi predpriyatiyami buduschego [Problems of managing the mining enterprises of the future]. – M.: Nedra, 1972. – P. 108-111.

14. Lovchinovskiy, E. V. Reorganizatsiya sistemyi tehnikeskogo obsluzhivaniya i remonta oborudovaniya predpriyatiy: metodicheskoe posobie [Reorganization of the system of maintenance and repair of equipment of enterprises: a manual]. – M.: IPU RAN, 2006. – 386 p.

15. Romanov, R. A. Sovremennyye sredstva i metodiki diagnostiki oborudovaniya gornodobyivayushey i gornopererabatyivayushey otrasli soglasno kontseptsii ""Nadezhnoe oborudovanie"" [Modern tools and methods for diagnosing equipment of the mining and mining industries according to the concept of ""Reliable equipment""] / R. A. Romanov, V. V. Sevastyanov, A. P. Pechenevskiy // Vibratsiya mashin: izmerenie, snizhenie, zaschita [Machine vibration: measurement, reduction, protection]. – 2008. – № 2. – P. 24-36.

#### Библиографическое описание статьи

Дрыгин М.Ю. Анализ систем технического обслуживания и ремонта горного оборудования // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 2 (148). – С. 35-43.

#### Reference to article

Drygin M.Yu. Analysis of technical maintenance systems and repair of mining equipment. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.2 (148), pp. 35-43.