

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/164EVN617.pdf>

Статья опубликована 07.03.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Мартirosян А.Т. Показатель эффективности обслуживания оборудования в системе ключевых показателей производительности // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017)

<https://naukovedenie.ru/PDF/164EVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 338.45

**Мартirosян Армен Тигранович**

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал), Россия, Старый Оскол

Аспирант

E-mail: martirosyan.at@gmail.com

## **Показатель эффективности обслуживания оборудования в системе ключевых показателей производительности**

**Аннотация.** В статье рассматриваются различные подходы к техническому обслуживанию и ремонтам производственного оборудования. Доказано, что отсутствие научно обоснованных комплексных показателей эффективности работы оборудования приводит к неограниченному росту их количества. При этом даже совокупность этих показателей часто не дает объективного представления о деятельности ремонтных служб. В связи с этим в статье отстаивается необходимость внедрения ключевых показателей производительности оборудования на промышленных предприятиях. Такие показатели вводятся для проведения сравнительной эффективности работы оборудования, с целью изучения и применения передового опыта ведущих представителей отрасли. Подробно рассмотрен показатель общей эффективности оборудования (Overall Equipment Effectiveness). Данный коэффициент позволяет выявить потери и причины неэффективности работы. Измеритель общей эффективности оборудования строится как мультипликатор трех индикаторов – готовности оборудования, производительности оборудования и качества работы. Коэффициент готовности, в свою очередь, учитывает потери, связанные с простоями оборудования. Коэффициент производительности учитывает потери, связанные с уменьшением скорости производства, т. е. эффективность использования оборудования в доступное время его работы. Коэффициент качества учитывает потери, связанные с низким качеством продукции. Коэффициент общей эффективности обслуживания оборудования может стать одним из важнейших ключевых показателей производительности, так как позволяет осуществлять мониторинг эффективности работы оборудования. В свою очередь, мониторинг эффективности работы оборудования лежит в основе стратегии ремонта по состоянию.

**Ключевые слова:** надежность; ключевые показатели производительности; показатель эффективности обслуживания оборудования; риск-ориентированный подход; обслуживание оборудования; техническое обслуживание; ремонт оборудования

Система *планово-предупредительных ремонтов (ППР)* зародилась в начале XX века в результате резкого увеличения производительности и роста серийного производства в

промышленном секторе. Вследствие этого потери по причине отказов оборудования приобрели критическое значение. Ремонт по регламенту подразумевает превентивное техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) на основании усредненной статистики и экспертного опыта о сроках службы оборудования.

Стратегия ППР позволяет значительно сократить количество аварийных отказов, что является бесспорным ее достоинством. Система ППР продолжает использоваться на отечественных металлургических предприятиях, в основном для высококритичного оборудования, выход из строя которого приведет к значительной потере производства по причине недовыпуска или массовому браку, а также представляет опасность для экологии, жизни и здоровья людей. Также она создает наиболее благоприятные и комфортные условия для планирования ресурсов. Однако стратегия ППР имеет и ряд существенных недостатков, таких как:

- частое и нерациональное обслуживание оборудования (в зависимости от типа оборудования разница в сроках службы различных деталей может различаться в 5 раз и более);
- при оптимальном планировании вероятность возникновения отказа снижается для оборудования с ярко выраженным периодом наступления функционального отказа (P-F интервалом), но остается высокой для оборудования с другими моделями отказов;
- каждый предупредительный ремонт способствует увеличению вероятности отказа оборудования при вводе в эксплуатацию.

Все эти факторы приводят к необоснованному росту эксплуатационных затрат. Очевидно, что в условиях рыночной экономики плановая система ТОиР, обеспечивающая выпуск продукции в требуемых объемах без учета затрат, уступает по уровню конкурентоспособности современным стратегиям. На смену планово-распределительной системе пришла тактика минимизации расходов: обслуживание оборудования по состоянию или работа «на отказ», минимизация запасов и ресурсов для ТОиР.

Прогрессирующие процессы устаревания оборудования в отрасли ограничивают дальнейшее сокращение затрат на ТОиР по схеме, используемой долгое время. Дальнейшее движение в этом направлении приводит к отказам оборудования, снижению технической готовности, что в свою очередь, к снижению доступности актива для производства продукции.

Итак, можно сделать выводы, что повышенный износ основных фондов на отечественных предприятиях черной металлургии не позволяет продолжать сокращение затрат на ТОиР в рамках планово-предупредительного ремонта. Сложившаяся система управления ТОиР в условиях рыночной экономики приводит к неэффективному использованию выделяемых средств.

С переходом на рыночные рельсы стало очевидно, что обслуживание по системе ППР изжило себя и уже не может занимать прежние, главенствующие позиции. Обслуживание оборудования согласно рекомендациям производителя, замена дорогостоящих запасных частей с регламентируемой периодичностью без учета внешних факторов и условий эксплуатации, обслуживание морально и физически устаревших активов стало очень дорого стоить для сохранения прежних позиций.

В условиях свободного рынка, растущей конкуренции со стороны Китая, отдаленности от европейских потребителей, кризисных явлений, сопутствующих процессу привыкания к новым реалиям, металлургические холдинги РФ за счет стремления снизить издержки и сохранить конкурентоспособность инициировали программы сокращения финансирования.

В первую очередь бюджет на ремонты, наряду с бюджетами на модернизацию, инвестиции, социальные программы, чаще всего страдает от программ экономии и сокращения финансирования [5]. И это несмотря на то, что доля затрат на ремонты в себестоимости отечественных предприятий значительно ниже чем у европейских производителей. Ситуация усугубляется тем обстоятельством, что аргументация ремонтных служб зачастую ограничивается выражением экспертной точки зрения при защите бюджета на техническое обслуживание и ремонты, не подкрепляется детальными расчетами, такими как жизненный цикл оборудования, совокупная стоимость владения, риск ориентированный подход формирования бюджета и так далее.

Закономерно, что при постепенном увеличении объемов производства, на оборудовании которое подвержено износу, без значительных вложений в модернизацию и автоматизацию технологических и контрольно-измерительных процессов, обеспечить количество и качество отказов на достигнутом уровне предшествующих периодов, при более низком производстве, крайне проблематично. И одним из факторов выполнения данного условия является наличие квалифицированного персонала в достаточном количестве для оперативного устранения аварийных отказов оборудования.

На наш взгляд, одной из предпосылок сложившейся ситуации является намного более дешевая рабочая сила. Сложилась ситуация, в которой экономически целесообразнее иметь достаточно большой штат ремонтного персонала для обеспечения работоспособности оборудования, чем инвестировать с современные технологии. Не секрет, что немецкие работодатели, практически во всех отраслях промышленности, платят квалифицированным специалистам, будь то слесарь, мастер или инженер, от 3 до 10 раз больше, чем российские.

Данное обстоятельство способствует своевременному замещению оборудования, требующего сложного обслуживания в силу высокой степени морального и физического износа, на новое, современное, простое в управлении и оснащенное автоматическими системами контроля состояния. Это позволяет, в зависимости от типа и условий эксплуатации, оптимизировать обслуживающий персонал оборудования или системы агрегатов в целом. Замещение старых основных фондов новыми становится более выгодным и целесообразным, в силу значительного снижения фонда оплаты труда, которая составляет внушительную часть себестоимости западных производителей стали [6; 7; 9].

Учитывая сложившиеся в отрасли обстоятельства, большинство предприятий в последние годы активно занялись вопросами поиска новых методов в вопросах планирования, исполнения и оценки результатов в рамках деятельности ремонтных вертикалей [10].

Наиболее прогрессивным, на данный момент, в международном сообществе является риск-ориентированный подход к техническому обслуживанию и ремонтам оборудования, которое чаще встречается в литературе как обслуживание оборудования по системе надежности или надежность-ориентированное обслуживание оборудования (RCM – Reliability Centered Maintenance).

Обслуживание оборудования по системе надежности получило логическое развитие в странах Западной Европы и Северной Америки на основе концепции Lean Production (Бережливое производство) и TPM методов (Total Productive Maintenance – Всеобщее обслуживание оборудования), зародившейся в 70-х годах 20 века в недрах одного из основных поставщиков автомобильного гиганта Toyota, компании Nippon Denso. Доказав всем эффективность предложенного подхода основатель TPM Тайити Оно, был привлечен к внедрению своей методики на самой площадке Toyota (в дальнейшем система называлась TPS – Toyota Productive System), ключевой идеей которой являлось привлечение технологического

персонала не только к управлению оборудованием, но и к его текущему обслуживанию. Вскоре его методы стали системообразующими для всей автомобильной индустрии Японии [4].

Несмотря на успешное применение методологии, только в 1989 году было сформулировано первое устойчивое содержание TPM. Благодаря снижению издержек на всех уровнях технологических и ремонтных процессов, японские производители начали вытеснять американские компании на их же рынке, прагматичные американцы стали выбирать более дешевые в обслуживании и надежные японские автомобили, что привело к резкому падению производства и осознанию необходимости назревших перемен в менеджменте большинства направлений деятельности американского автопрома. Согласно исследованиям Дж. Вумека и Д. Джонса в работе «Бережливое производство» уже к 1995 году не только автопром, но и такие американские производители как General Electric, Danaher, Wiremold, Pratt and Whitney перешли на принципы Бережливого производства, в Европе одними из первых эту концепцию внедрили на Porsche. Эволюцией TPS подходов в рамках ремонтных служб и стало появление RCM [1].

Внедрения RCM или надежно-ориентированное обслуживание оборудования стало трендом для всей металлургической отрасли. Справедливости ради надо отметить, что этот тренд не обошел нефтегазовую, химическую, фармацевтическую и многие другие отрасли России.

В ходе внедрения новой методологии необходимо отметить возрастающую актуальность формирования перечня ключевых показателей эффективности (КПЭ) служб технического обслуживания и ремонтов, в частности, в металлургической промышленности РФ. КПЭ вводятся для проведения сравнительных анализов результатов, с целью изучения и применения передового опыта ведущих представителей отрасли.

По аналогии с ключевыми показателями эффективности для оценки работы оборудования разработана система ключевых показателей производительности – KPI (Key Performance Indicators). Одним из определяющих показателей в данной системе является общая эффективность обслуживания оборудования или *OEE* (Overall Equipment Effectiveness).

Данный коэффициент позволяет выявить потери и причины неэффективности работы. В результате выявляются не только простои из-за поломок, но и потери из-за неэффективной настройки оборудования, снижения производительности его работы или ожидания поступления материалов. В конечном итоге *OEE* позволяет проследить, каково влияние текущей производительности отдельной единицы оборудования на эффективность работы целого производства.

Измеритель общей эффективности оборудования строится как мультипликатор трех индикаторов – готовности оборудования, производительности оборудования и качества работы:

$$OEE = K_{\text{дост}} * K_{\text{пр}} * K_{\text{кач}}, \quad (1)$$

где:  $K_{\text{дост}}$  – коэффициент доступности (готовности) оборудования;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент производительности (показатель сравнения текущей выработки с нормативной);

$K_{\text{кач}}$  – коэффициент качества (показатель, характеризующий уровень выполнения требований по качеству продукции).

Коэффициент доступности (готовности) учитывает потери, связанные с простоями оборудования и рассчитывается как отношение доступного времени к фонду рабочего времени:

$$K_{дост} = ДВ/ФРВ, \quad (2)$$

где: ДВ – доступное время (в минутах, часах и т. п.);

ФРВ – фонд рабочего времени (в минутах, часах и т. п.).

Коэффициент производительности – учитывает потери, связанные с уменьшением скорости производства, т. е. эффективность использования оборудования в доступное время его работы; рассчитывается как отношение фактической производительности к теоретической (паспортной):

$$K_{пр} = ФП/ТП, \quad (3)$$

где: ФП, ТП – фактическая и теоретическая производительность оборудования в натуральном выражении (шт., т, л и т. д.), рассчитанная за период, равный доступному времени.

Коэффициент качества – учитывает потери, связанные с низким качеством продукции; рассчитывается:

$$K_{кач} = K_{Ппр}/ФОП, \quad (4)$$

где:  $K_{Ппр}$  – объем бездефектной, качественной продукции, произведенной с первого раза в натуральном выражении; ФОП – объем фактически произведенной продукции, в натуральном выражении.

Если значение показателя общей эффективности обслуживания отличается от целевого (например, оно упало по сравнению с предыдущим периодом), можно посмотреть, что повлияло на это падение. Сопоставление всех составляющих показателя ОЕЕ со значениями за предыдущие периоды помогает определить причину потери эффективности. Если проблема лежит в области качества или снижения скорости работы оборудования, то это является сигналом для соответствующих служб. Если проблема лежит в области доступности, то можно произвести более глубокий анализ причин фактических отказов оборудования (RCM).

Исследования показали, что лучшие мировые производители достигают уровня производственного процесса с показателями ОЕЕ выше 85 %. Основные показатели в случае достижения этого значения принимают следующие значения:  $K_{дост} = 90.0 \%$ ,  $K_{пр} = 95.0 \%$ ,  $K_{кач} = 99.9 \%$  ( $OEE = 85,4 \%$ ). Согласно упомянутым исследованиям среднее значение показателя  $OEE$  для производителей не превышает 60 %. Данный факт указывает на потенциальные возможности оптимизации производства в области производительности и доступности.

Однако данный коэффициент не представляет интереса для директора по ремонтам, так как не отражает эффективность выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Также отсутствуют системы сбора в автоматическом режиме данных для расчета  $OEE$ , а сбор в ручном режиме невозможен, либо не объективен.

Данный коэффициент может стать одним из важнейших ключевых показателей производительности, так как позволяет производить мониторинг эффективности работы оборудования, и без него невозможен переход к стратегии ремонта по состоянию.

Отсутствие научно обоснованных комплексных показателей эффективности ремонтного производства приводят к неограниченному росту их количества, причем часто даже совокупность этих показателей не дают объективного представления о деятельности ремонтных служб.

В Российской Федерации с 2016 года действует ГОСТ Р 57330-2016 «Системы технического обслуживания и ремонта»<sup>1</sup>. Ключевые показатели эффективности, который разделяет КПЭ на три группы – экономические, технические и организационные [2]. Тем не менее необходим обобщающий показатель, который позволит сопоставлять рост производительного эффекта и понесенные затраты на достижение данного роста.

Анализ используемых методов на различных предприятиях отрасли показывает, что до сих пор, в теории и на практике, нет выработанного подхода, как количественного, так и качественного, к оценке уровня развития и качества выполняемых работ ремонтных служб как системы в целом. В основной своей части предприятия используют нормативы ППР (соответствие плана и факта затрат, соответствие плана и факта длительности ремонта), которые никак нельзя назвать актуальными и отвечающими современным требованиям технологического развития и финансово-хозяйственной действительности предприятий.

Современные и актуальные показатели эффективности ремонтных служб используются некоторыми передовыми предприятиями, но их использование чаще носит фрагментарный и не систематический характер, по причине сложности применения и отсутствия информационных систем с возможностью сбора первичных данных [4].

Исходя из вышеизложенного, существует необходимость в разработке и формировании пула ключевых показателей эффективности для ремонтных служб металлургических предприятий, целесообразных и достаточных для проведения отраслевого бенчмаркинга и оценки деятельности ремонтных подразделений в условиях перехода к надежность-ориентированному подходу в обслуживании основных фондов предприятий.

В заключении отметим, что реализация цели ставит перед собой решение следующих задач:

1. Обобщить теоретико-методические аспекты перехода к риск ориентированному обслуживанию оборудования по системе надежности.
2. Выработать комплексные КПЭ для оценки деятельности ремонтных служб металлургических предприятий.
3. Разработать механизм управления сбора первичной информации для расчета КПЭ.
4. Сформировать объективную методологию оценки работы персонала, исключая противоречия между интересами основного производства и ремонтными службами.

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 57330-2016 «Системы технического обслуживания и ремонта. Ключевые показатели эффективности».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вумек, Дж. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании [Текст] / Дж. Вумек, Д. Джонс – М.: Альпина Паблишер, 2016.
2. Мамедова, В. А. Оптимизация ремонтного обслуживания на промышленных предприятиях [Текст] / В. А. Мамедова, М. И. Полищук // Молодежный научно-технический вестник. – 2016. – № 3. – С. 39.
3. Нестеренко, А. В. Ремонтная служба комбината [Текст] / А. В. Нестеренко, С. А. Разгулов, Е. Ю. Берестнев, А. А. Никулин // Горный журнал. – 2017. – № 5. – С. 42-45.
4. Оно, Т. Производственная система Тойоты: уходя от массового производства [Текст] / Т. Оно. – М.: Издательство ИКСИ, 2012.
5. Попов, А. В. Реорганизация ремонтной службы [Текст] / А. В. Попов // Металлург. – 2014. – № 9. – С. 22-24.
6. Рассолов, В. М. Формирование инвестиционного климата крупного металлургического предприятия [Текст] / В. М. Рассолов, В. П. Самарина // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: Материалы Одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. – 2014. – С. 165-169.
7. Самарина, В. П. Основы предпринимательства [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», «Финансы и кредит» / В. П. Самарина. – Москва, 2010. (2-е изд., перераб.)
8. Самарина, В. П. Оценка факторов влияния на инновационную деятельность металлургического предприятия [Текст] / В. П. Самарина // European Social Science Journal. – 2013. – № 10-2 (37). – С. 405-412.
9. Черникова, А. А. Эффективность деятельности российских предприятий черной металлургии на мировом рынке [Текст] / А. А. Черникова, В. П. Самарина, Н. А. Полева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-3. – С. 643-647.
10. Якубенко, И. Ю. Нормативно-правовые ограничения, новые технические решения и возможность реорганизации ремонтных служб НПЗ [Текст] / И. Ю. Якубенко // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. – 2014. – № 10. – С. 149-152.

**Martirosyan Armen Tigranovich**

National research technological university “MISIS»  
Staryy Oskol technological institute (branch), Russia, Staryy Oskol  
E-mail: martirosyan.at@gmail.com

## **Indicators of equipment maintenance efficiency in the system of productivity key indices**

**Abstract.** Various approaches to production equipment maintenance and repairs have been considered in the article. It has been proved that lack of science-based complex indicators of equipment working efficiency leads to unlimited growth of their quantity. At the same time even a set of these indicators often does not give true and fair view of repair services activity.

In this regard the necessity of infiltration of key performance indicator of the equipment at industrial enterprises has been upheld in the article. Such indicators are put into operation for carrying out comparative overall performance of the equipment, for the purpose of studying and use the best practices of the leading representatives of branch. The indicator of overall equipment effectiveness has been considered in detail. This coefficient allows revealing losses and reasons of working inefficiency. The indicator of overall effectiveness of the equipment is under construction as an animator of three such indicators as equipment availability, equipment productivity and performance. The availability, in turn, considers losses connected with equipment downtimes.

The productivity coefficient considers losses connected with reduction of production rate i.e. efficiency of equipment use in uptime of its work. The quality coefficient considers losses connected with poor production quality. The coefficient of overall effectiveness of equipment maintenance can become one of the most important key productivity indicators as it allows carrying out monitoring of overall equipment performance. In turn, monitoring of overall equipment performance is a cornerstone of the repair strategy.

**Keywords:** reliability; productivity key indices; indicator of efficiency of equipment maintenance; risk-focused approach; equipment maintenance; maintenance; equipment repair