

Иванов В.А., Фещенко А.А. Особенности подходов к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в непрерывном производстве // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 82–89. DOI: 10.15593/2224-9877/2018.3.10

Ivanov V.A., Feshchenko A.A. Peculiar properties of the equipment maintenance and repair approaches in continuous production. *Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 82–89. DOI: 10.15593/2224-9877/2018.3.10

ВЕСТНИК ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение
Т. 20, № 3, 2018
Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science
<http://vestnik.pstu.ru/mm/about/inf/>

DOI: 10.15593/2224-9877/2018.3.10
УДК 658.58

В.А. Иванов, А.А. Фещенко

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

**ОСОБЕННОСТИ ПОДХОДОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ
И РЕМОНТУ ОБОРУДОВАНИЯ В НЕПРЕРЫВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Непрерывный производственный процесс обладает рядом особенностей, которые влияют на организацию процессов технического обслуживания и ремонта технологического оборудования, направленных на максимально эффективное использование отведенного для обслуживания времени, т.е. проведение требуемого количества работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования с требуемым качеством. Сокращение времени между остановом и запуском технологического комплекса без потери качества и количества работ способствует сокращению упущенной выгоды в виде произведенной продукции за время простоя. Целью работы является проведение аналитического обзора подходов к техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования в непрерывном цикле производства с учетом его особенностей. Для достижения поставленной цели был проведен анализ особенностей организации непрерывного производства и рассмотрены 3 организационных подхода к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в непрерывном производстве: планово-предупредительный ремонт, ремонт по фактическому состоянию, ремонт в случае отказа. Непрерывное производство характеризуется прямооточностью процесса, взаимозависимостью производственной системы, наличием мощных потоков веществ и энергии, автоматизацией, дороговизной простоев, специализацией технологической линии и ее составляющих, сложностью оценки эффективности от изменений составляющих техкомплекса, присутствием периодических и случайных операций наряду с непрерывными, синхронизацией потоков, территориальной локализацией. Описанные особенности производства с непрерывным циклом во многом являются технологическими и организационными ограничениями, поэтому выстраиваемая система ТОиР должна быть гибкой, учитывающей особенности непрерывного производства и адаптивной ко всем возникающим ситуациям, использующей принципы различных рассмотренных подходов.

Ключевые слова: непрерывное производство, ТОиР, техническое обслуживание, ремонт, диагностика, планово-предупредительный ремонт, ППР, оборудование, качество, состояние.

V.A. Ivanov, A.A. Feshchenko

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**PECULIAR PROPERTIES OF THE EQUIPMENT MAINTENANCE
AND REPAIR APPROACHES IN CONTINUOUS PRODUCTION**

Continuous production process has a number of peculiar properties that affect the organization of technological equipment maintenance and repair aimed to the most efficient using of the allotted time for service, that is, the required number of equipment maintenance and repair with the required quality. Reducing the time between shutdown and start-up of the production process without loss of work quality and quantity helps to reduce the lost profit as an unprocessed products during downtime. The purpose of the work is to conduct an analytical review of maintenance and repair of technological equipment approaches in continuous production taking into account its features. The analysis of the organization features of continuous production was carried out and three organizational approaches of the equipment maintenance and repair in continuous production were considered to achieve this purpose: preventive maintenance, repair based on the actual condition, Run-to-Failure Maintenance. Continuous production is characterized by process accuracy, production system interconnection, the presence of powerful substances and energy flows, automation, downtime high cost, the technological line and its components specialization, assessing complexity of the changes efficiency in the technical complex components, continuous, periodic and random operations presence, flows synchronization, territorial localization. The described continuous production features are technological and organizational constraints, therefore the maintenance system should be flexible, taking into account the continuous production features and adaptive to emerging situations, using the various considered approaches principles.

Keywords: continuous production, MRO, maintenance, repair, diagnostics, preventive maintenance equipment, quality, condition, effectiveness, peculiar.

В промышленном секторе химического, топливно-энергетического, целлюлозно-бумажного производства характер непрерывного технологического процесса глобально влияет на организацию всей деятельности предприятия. Огромную роль в достижении высоких производственных показателей играет техническое состояние оборудования, для обеспечения исправности и работоспособности которого необходимо развертывание комплексной системы технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Непрерывный производственный процесс обладает рядом особенностей, которые влияют на организацию системы технического обслуживания и ремонта технологического оборудования.

Особенности организации непрерывного производства

В рамках рассматриваемой проблемы необходимо определить ключевые особенности организации непрерывного производства, которые напрямую или опосредованно влияют на выстраивание комплексной системы технического обслуживания и ремонта технологического оборудования.

Одной из самых главных особенностей является прямоточность производственного процесса, при которой обеспечивается кратчайший путь движения предметов труда от запуска сырья и материалов до получения готовой продукции [1].

С точки зрения И.А. Норицына [2], непрерывные процессы – это процессы, осуществляемые в режиме, который «прерывать или останавливать нельзя и работа поэтому производится круглосуточно без выходных и праздничных дней».

Следующей отличительной чертой является строгая взаимоуязванность всей производственной системы (в том числе и системы ТОиР), характеризующаяся высокой производительностью технологической установки [3].

Кроме того, такая система имеет мощные потоки вещества и энергии, параметры, количество и соотношение которых должны строго соблюдаться для получения продукции в заданном количестве и качестве. Это неотъемлемое условие для обеспечения непрерывности технологического процесса.

Вышеперечисленные особенности повышают требования к автоматизации процессов производства продукции и их оптимизации по одному из основных технико-экономических критериев – технологической себестоимости, т.е. предполагают использование автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП).

В непрерывном технологическом процессе даже кратковременный простой обходится в десятки тысяч рублей в час, а, если учесть возможные срывы поставок продукции потребителям из-за отсутствия минимальных складских запасов для этого, стоимость простоя может увеличиться в несколько раз.

Непрерывный тип производства обеспечивает большой выпуск однородной продукции и высокий уровень специализации как предприятия в целом, так и его отдельных производств, например в химическом производстве. В отличие от дискретных производств, где эффект часто достигается и при автоматизации небольших групп производственных бизнес-процессов даже на отдельных участках, на непрерывных производствах, по оценке многих экспертов [4], эффект становится заметным только в случае комплексного внедрения изменений в производственной системе, причем этот эффект выражается не только качественно (улучшение производственной культуры, повышение слаженности работы производственных бригад и ремонтного персонала, ясность правил и разграничение обязанностей и ответственности), но и количественно (повышение производительности технологической линии, снижение процентного содержания продукции, несоответствующего качества (брака), снижение количества аварийных простоев и др.).

Если углубиться в особенности технологических операций, то по характеру протекания во времени они подразделяются на непрерывные и периодические. К непрерывным относятся такие операции, которые осуществляются в системе непрерывно работающих аппаратов с перемещением сырья и полупродуктов из одного аппарата в другой по ходу технологического процесса. Очевидно, что в контексте реального производственного предприятия невозможно представить организацию, в которой функционируют только непрерывные процессы, зачастую присутствует существенная доля периодических (непостоянных, производящихся через определенные или изменяющиеся промежутки времени) и других (например, случайных) [3].

Следующей характеристикой предприятий непрерывного характера производства является стремление к синхронизации материальных и сопутствующих ему информационных потоков и потоков услуг, а также оптимизация их количественных и качественных параметров, нарушение или пренебрежение которыми влечет за собой, например, повышение загруженности технологической линии, складских запасов, что ограничивает свобо-

ду действий для проведения обслуживающих операций, организации плановых остановов.

Нарушение принципа пропорциональности, заключающегося в адекватном соотношении производительности и производственной мощности между основными и вспомогательными цехами и участками как взаимосвязанными звеньями производства, способствует возникновению узких мест на одних стадиях, участках производства при наличии резервов по остальным, что выражается, например, в снижении качества химических реакций и выпускаемой продукции [3].

В работе М. Левина [5] особенностью процессов технического обслуживания и ремонта оборудования в непрерывном производстве названо расположение оборудования в границах одного территориального образования предприятий разных отраслей при жесткой технологической взаимосвязи (трубо- или электропроводами) и режимной – между собой и с оборудованием потребителей (предприятий, организаций и населения).

Итак, непрерывность производственного процесса обуславливает его прямоточность, автоматизацию, ритмичность [6], безостановочность, технологическую сложность и взаимоувязанность, присутствие мощных потоков веществ и энергии, их пропорциональности, дороговизну простоя, специализацию как всей технологической линии, так и ее составляющих, сложность оценки эффективности от изменений составляющих техкомплекса, присутствие периодических и случайных операций наряду с непрерывными, синхронизацию потоков, территориальную локализацию.

Организационные подходы к техническому обслуживанию и ремонту оборудования в непрерывном производстве

В любом подходе техническое обслуживание и ремонт оборудования возможны только лишь на остановленном оборудовании в соответствии с правилами техники безопасности, что можно схематически отразить на условном графике протекания во времени останова оборудования для проведения технического обслуживания и ремонта оборудования (рис. 1). Основная цель при проведении этого мероприятия – максимально эффективное использование отведенного для обслуживания времени, т.е. проведение требуемого количества работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования с требуемым качеством. Сокращение времени между остановом и запуском без потери качества и количества работ будет способствовать сокращению упущенной выгоды в виде непроизведенной продукции за время простоя.

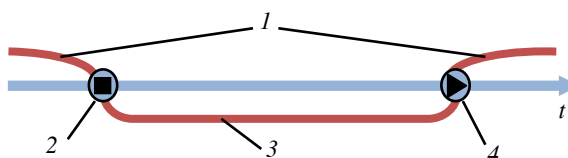


Рис. 1. Протекание во времени останова оборудования для проведения технического обслуживания и ремонта оборудования: 1 – работа оборудования, технологический процесс; 2 – останов оборудования; 3 – проведение ТОиР оборудования на остановленном оборудовании; 4 – запуск оборудования; t – время

Науке и практике известны на данный момент 3 подхода к выстраиванию систем технического обслуживания и ремонта технологического оборудования:

1. Планово-предупредительный ремонт.
2. Ремонт по фактическому состоянию.
3. Ремонт в случае отказа (события).

Планово-предупредительный ремонт – ремонт, выполняемый в целях предупреждения ускоренного износа, появления неисправностей и выхода из строя отдельных деталей, узлов, агрегатов, приборов, связанный с их принудительной заменой и осуществляемый в соответствии с заранее установленными сроками [7].

Основой организации системы планово-предупредительного ремонта является предупреждение прогрессирующего износа технологического оборудования, устранение возможности случайного выхода его из строя и осуществление предварительной подготовки ремонтных работ, тем самым увеличение времени его полезной работы, уменьшение интенсивности износа нефтяного оборудования и повышение качества ремонтных работ.

Согласно ГОСТ 18322–2016¹ структуру технического обслуживания и ремонта оборудования в системе планово-предупредительного ремонта можно изобразить схематично (рис. 2) [8, 9]. Первая составляющая – техническое обслуживание – всегда плановое, проводящееся ежемесячно и периодически, а 2-я и 3-я составляющие – текущий и капитальный ремонт – бывают планово и непланово (аварийно) [10].

Применение системы планово-предупредительного ремонта на предприятиях с непрерывным типом производства предполагает использование информации о состоянии технологического оборудования, которая систематизируется и поступает в соответствующие производственные и сервисные

¹ ГОСТ 18322–2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Введ. 2017-09-01. М.: Стандартинформ, 2017. 14 с.

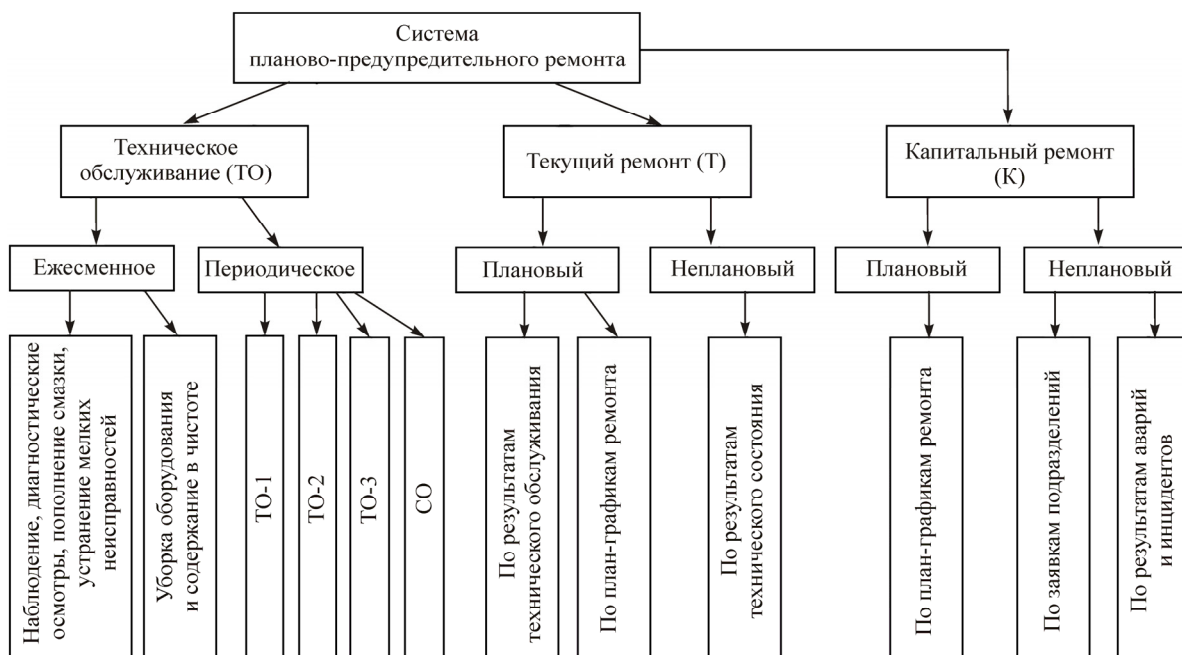


Рис. 2. Структура системы планово-предупредительного ремонта

подразделения. В дальнейшем полученная информация позволяет планировать и выполнять ремонты и техническое обслуживание без остановки производства.

В результате разработки годового графика ППР для любого оборудования определяется длительность межосмотрового периода в структуре ремонтного цикла. Таким образом, годовой график диагностических осмотров оборудования следует строить исходя из графика ППР, намечая диагностику вместо осмотров, текущих ремонтов, средних ремонтов, ремонтов капитальных. Диагностический осмотр следует проводить по карте осмотра, разработанной для каждой разделенной на узлы физической единицы оборудования [11].

Система планово-предупредительного ремонта подразумевает рациональное распределение обслуживающего персонала, запасных частей, расходных материалов, инструмента, вспомогательно-дополнительного оборудования.

Система планово-предупредительных ремонтов имеет и ряд недостатков: недоиспользование ресурса деталей, что приводит к завышению общего количества, а следовательно, и суммарной трудоемкости ремонтных работ; выполнение обязательных видов и периодичности работ (текущий, средний и капитальный ремонты), которые регламентированы на основе среднестатистических отраслевых данных, данных производителя технологического оборудования, но эти данные не отражают фактической потребности в техническом обслуживании и ремонте конкретной единицы

оборудования [12]; отсутствие единых технологических нормативов производителей оборудования, вследствие чего взаимозаменяемость агрегатов, деталей становится невозможной и повышается сложность выстраивания в единый технологический поток оборудования различных производителей.

Общая практика управления техническим обслуживанием и ремонтом на предприятиях с непрерывным процессом производства предполагает различные варианты эксплуатации оборудования. При использовании стратегии планово-предупредительных ремонтов обычно задан фиксированный межремонтный интервал, в течение которого отсутствуют ремонтные работы. Попытка продлить период эксплуатации может привести к возрастанию рисков возникновения отказов и возможных потерь. С целью снижения ущерба от простоя производства момент наступления очередного отказа можно спрогнозировать на основе критических значений, например, вибрации, температуры, потребления электроэнергии, изменения момента вращения и т.д. Соответственно, отказ предотвращается путем своевременной остановки технологического процесса и заменой неисправного узла [13]. В этом заключается сущность стратегии обслуживания оборудования по фактическому состоянию.

Итак, техническое обслуживание по фактическому состоянию – комплекс сервисных и ремонтных операций, выполняемый с плавающей периодичностью, зависящей от показаний, полученных в результате контроля технического состояния детали, узла, агрегата, прибора.

В. Сиваков приводит [14] статистические данные, согласно которым до 40 % материальных потерь на предприятиях химической промышленности непрерывного производства вызваны отказами оборудования и ошибками при проектировании. Снижение отказов оборудования достигается решением задач технического диагностирования.

Для диагностирования технического состояния узлов элементов применяется вибрационный метод (преимущественно) и следующие методы неразрушающего контроля: ультразвуковой, вихревой, капиллярной (цветной) дефектоскопии.

Вибрационными методами выявляются как местные (ослабление стыков, нарушение исправности узлов машин), так и общие для аппаратов дефекты (пониженная жесткость металлоконструкции, отклонения от вертикального положения, общий износ толщины стенок и опорных конструкций, нарушение режимов загрузки сырья и, например, выдувки целлюлозной массы). Другие методы диагностирования дополняют вибрационные методы и применяются для выявления местных дефектов стенок аппаратов в виде трещин, подрезов, коррозионных повреждений [14].

При использовании стратегии ремонтов по техническому состоянию за счет постоянного мониторинга технического состояния оборудования (подробно описанного на примере Краснокамской бумажной фабрики «Гознак» в работе В.А. Дубатова и А.А. Санникова [15]) его эксплуатация ведется в течение времени, когда обеспечивается заданная вероятность безотказной работы.

Однако при оперативном управлении техническим обслуживанием и ремонтом не все детали, узлы и агрегаты равнозначны с позиций безотказности работы оборудования. Лишь некоторые из них нуждаются в тщательном диагностировании для определения своего предельного состояния, что исключает единообразный подход к различным устройствам в составе машин [12].

При использовании стратегии ремонтов по техническому состоянию за счет постоянного мониторинга технического состояния оборудования его эксплуатация ведется в течение времени, когда обеспечивается заданная вероятность безотказной работы.

В системе обслуживания по техническому состоянию, по Н. Анцевой [1], для каждого станка разрабатывается свой план ремонтного обслуживания, включающий назначение периодичности контроля технического состояния и назначение критических уровней отклонений критериев предельного состояния от нормативов, при превышении которых требуется обслуживание оборудова-

ния. После восстановления (планового или по отказу) план контрольных осмотров возобновляется, т.е. назначаются новые сроки контрольных осмотров.

Таким образом, ремонтные работы производятся только при снижении прогнозируемых параметров до предельно допустимого значения, т.е. используется принцип предупреждения отказов с обеспечением максимально возможной наработки изделий при минимальных эксплуатационных затратах. При этом проводятся работы по техническому обслуживанию с регламентированной периодичностью в соответствии с фактическим состоянием оборудования.

Техническое обслуживание в случае отказа (события) выражается в проведении комплекса мероприятий по ТОиР, когда оборудование ремонтируется (или заменяется) по причине его отказа и невозможности его дальнейшего использования [16–18]. Технически это оправданно для некоторых видов оборудования, если его элементы выходят из строя случайно, вне зависимости от длительности их работы; экономически – когда последствия поломки незначительны, а меры профилактики стоят дороже замены отказавшего узла или устройства [19]. Данная стратегия частично реализуется в форме внеплановых ремонтов после отказов [20], и применять ее в качестве основной системы технического обслуживания и ремонта оборудования промышленного предприятия с непрерывным производством нецелесообразно ввиду многократно увеличивающихся потерь и высокой доли непредсказуемости, так как сначала происходит отказ, а затем следуют незапланированные и неподготовленные заранее анализ неисправности, комплектование ремонтного персонала и непосредственное устранение.

Заключение

При анализе доступной научной литературы были показаны особенности непрерывного характера производства промышленных предприятий. После определения особенностей процессов проведения технического обслуживания и ремонта оборудования в контексте непрерывного производства были рассмотрены и охарактеризованы популярные подходы к ведению этой деятельности. Результаты проведенной работы показывают, что система технического ремонта и обслуживания технологического оборудования по фактическому состоянию является более оптимальной, эффективной для непрерывных типов производств. Однако при выстраивании процессов на практике действовать строго в рамках правил 1 подхода

к проведению ТОиР представляется труднореализуемо. В непрерывном производстве существует множество технологических и организационных ограничений, поэтому выстраиваемая система ТОиР должна быть гибкой, учитывающей особенности непрерывного производства и адаптивной ко всем возникающим ситуациям, использующей принципы различных рассмотренных подходов. Сделанные выводы будут являться базой для последующих исследований проблематики повышения качества технического обслуживания и ремонта технологического оборудования в непрерывном производстве с учетом результатов данной работы, а также для построения типовой организационной структуры сервисной службы предприятия, разработки системы подробных бизнес-процессов ТОиР оборудования с использованием современных методов оптимизации производственных процессов и технических средств, повышающих производительность труда.

Список литературы

1. Анцева Н.В. Управление качеством технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования с периодическим контролем состояния: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Тул. гос. ун-т. – Тула, 2008. – 20 с.
2. Норицын И.А., Шехтер В.Я., Мансуров М.А. Проектирование кузнечных и холодноштамповых цехов и заводов. – М.: Высшая школа, 1977. – 428 с.
3. Данилова С.Ю. Моделирование транспортно-логистической системы химических предприятий с непрерывным циклом производства: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Тольятти, 2015. – 203 с.
4. Кудинов А.В., Марков Н.Г. Об эффективности внедрения MES для непрерывных производств // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 1. – С. 23–28.
5. Левин М.А. Управление обслуживанием оборудования предприятий отраслей промышленности с сетевой технологией непрерывного производства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Межотрасл. ин-т повышения квалиф. и перепод. рук. кадров и специалистов; Рос. экон. акад. им. Г.В. Плеханова. – М., 2005. – 27 с.
6. Попов А.В., Серегин С.Н., Метелкин М.Н. Повышение эффективности ремонтов и технического обслуживания // Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – 2015. – Т. II, № 1. – С. 255–262.
7. Гришин А.И. Разработка метода совершенствования СМК производственного предприятия в части процессов технического обслуживания технологического оборудования: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского. – М., 2013. – 187 с.
8. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. – М.: Изд-во Моск. гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
9. Типовая схема технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудова-

ния / под ред. В.Н. Клягина, Ф.С. Сабирова. – М.: Машиностроение, 1988. – 672 с.

10. Бондаренко Е.В., Кеян Е.Г., Хасанов Р.Х. Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования: учеб. пособие / под ред. Р.С. Фаскиева; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург, 2011. – 261 с.

11. Самсонов А.М. Планово-предупредительный ремонт оборудования – предпосылка качества изделий машиностроения // Стандарты и качество. – 2006. – № 10. – С. 58–62.

12. Томазова О.В. Формирование системы технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию нефтяного оборудования // Вопросы экономики и права. – 2012. – № 6. – С. 55–59.

13. Малев И.В. Управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования прокатного производства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Юж.-Урал. гос. ун-т. – Челябинск, 2005. – 21 с.

14. Сиваков В.П. Разработка концепции технического обслуживания оборудования производства целлюлозы на основе вибрационного диагностирования: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.03 / Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2004. – 46 с.

15. О методах прогнозирования вибрационного состояния бумагоделательных машин при планируемом увеличении их скорости / А.А. Санников [и др.] // Вестник ИЖГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2012. – № 2. – С. 16–19.

16. Токмачев А.Е. Обоснование системы ТОиР по фактическому состоянию с применением методов технического диагностирования // Совершенствование методологии познания в целях развития науки. – 2018. – № 1. – С. 47–50.

17. Усманов Р.Р., Асудуллин А.И., Аглиуллин И.Ю. Повышение эффективности технического обслуживания и текущего ремонта оборудования газораспределительных станций на примере опыта ООО «Газпром трансгаз Уфа» // Территория нефтегаз. – 2015. – № 9. – С. 40–44.

18. Герике Б.Л., Абрамов И.Л., Герике П.Б. Стратегия технического обслуживания горных машин по фактическому состоянию на основе методов вибродиагностики и неразрушающего контроля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2008. – № 1(65). – С. 11–14.

19. Загородний А.Д. Обеспечение перехода на обслуживание по фактическому техническому состоянию за счет применения комплекса мер по защите, мониторингу и диагностике // Химическая техника. – 2010. – № 8. – С. 32–37.

20. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. – М.: Энас, 2008. – 360 с.

References

1. Antseva N.V. Upravlenie kachestvom tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta metallobrabatyvaiushchego oborudovaniia s periodicheskim kontrolom sostoianiia [Quality management of maintenance and repair of the met-

- alworking equipment with periodic control of a state]. Ph.D. thesis. Tula, 2008, 20 p.
2. Noritsyn I.A., Shekhter V.Ia., Mansurov M.A. Proektirovanie kuznechnykh i kholodnoshtampovykh tsekhov i zavodov [Design of forge and holodnoshtampovy shops and plants]. Moscow: Vysshaia shkola, 1977, 428 p.
3. Danilova S.Iu. Modelirovanie transportno-logisticheskoi sistemy khimicheskikh predpriatii s nepreryvnykh tsiklom proizvodstva [Modeling of a transport and logistics system of the chemical companies with a continuous cycle of production]; Ph.D. thesis. Tol'iaty, 2015, 203 p.
4. Kudinov A.V., Markov N.G. Ob effektivnosti vnedreniia MES dlia nepreryvnykh proizvodstv [About efficiency of introduction of MES for process productions]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2013, no. 1, pp. 23–28.
5. Levin M.A. Upravlenie obsluzhivaniem oborudovaniia predpriatii otraslei promyshlennosti s setevoi tekhnologii nepreryvno proizvodstva [Management of equipment maintenance of the enterprises of industries with network technology of process production]. Ph.D. thesis. Moscow, 2005, 27 p.
6. Popov A.V., Seregin S.N., Metelkin M.N. Povyshenie effektivnosti remontov i tekhnicheskogo obsluzhivaniia [Increase in efficiency of repairs and maintenance]. *Materialy XII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, 2015, vol. II, no. 1, pp. 255–262.
7. Grishin A.I. Razrabotka metoda sovershenstvovaniia SMK proizvodstvennogo predpriatii v chasti protsessov tekhnicheskogo obsluzhivaniia tekhnologicheskogo oborudovaniia [Development of a method of improvement of SMK of manufacturing enterprise regarding processes of maintenance of processing equipment]. Ph.D. thesis. Moscow, 2013, 187 p.
8. Pronikov A.S. Parametricheskaia nadezhnost' mashin [Parametrical reliability of cars]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni N.E. Bauman, 2002, 560 p.
9. Tipovaia skhema tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta metallo- i derevoobrabatyvaiushchego oborudovaniia [Standard scheme of maintenance and repair metallo- and woodworking equipment]. Ed. V.N. Kliagina, F.S. Sabirova. Moscow: Mashinostroenie, 1988, 672 p.
10. Bondarenko E.V., Keian E.G., Khasanov R.Kh. Tekhnicheskaia ekspluatatsiia i remont tekhnologicheskogo oborudovaniia: uchebnoe posobie [Technical operation and repair of processing equipment]. Ed. R.S. Faskieva. Orenburgskii gosudarstvennyi universitet, 2011, 261 p.
11. Samsonov A.M. Planovo-predupreditel'nyi remont oborudovaniia – predposylka kachestva izdelii mashinostroeniia [Scheduled preventive maintenance of the equipment – a prerequisite of quality of products of mechanical engineering]. *Standarty i kachestvo*, 2006, no. 10, pp. 58–62.
12. Tomazova O.V. Formirovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta po fakticheskomu sostoiianiiu neftianogo oborudovaniia [Formation of system of maintenance and repair on actual state of the oil equipment]. *Voprosy ekonomiki i prava*, 2012, no. 6, pp. 55–59.
13. Malev I.V. Upravlenie tekhnicheskim obsluzhivaniem i remontom oborudovaniia prokatnogo proizvodstva [Management of maintenance and repair of the equipment of rolling production]. Ph.D. thesis. Cheliabinsk, 2005, 21 p.
14. Sivakov V.P. Razrabotka kontseptsii tekhnicheskogo obsluzhivaniia oborudovaniia proizvodstva tselliulozy na osnove vibratsionnogo diagnostirovaniia [Development of the concept of maintenance of the equipment of production of cellulose on the basis of vibration diagnosing]. Ph.D. thesis. Ekaterinburg, 2004, 46 p.
15. Sannikov A.A. O metodakh prognozirovaniia vibratsionnogo sostoiianiia bumagodelatel'nykh mashin pri planiruemom uvelichenii ikh skorosti [About methods of forecasting of a vibration condition of papermaking machines at the planned increase in their speed]. *Vestnik IZhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2012, no. 2, pp. 16–19.
16. Tokmachev A.E. Obosnovanie sistemy TOiR po fakticheskomu sostoiianiiu s primeneniem metodov tekhnicheskogo diagnostirovaniia [Justification of the TOIR system on actual state with application of methods of technical diagnosing]. *Sovershenstvovanie metodologii poznaniia v tseliakh razvitiia nauki*, 2018, no. 1, pp. 47–50.
17. Usmanov R.R., Asudullin A.I., Agliullin I.Iu. Povyshenie effektivnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniia i tekushchego remonta oborudovaniia gazoraspredeletel'nykh stantsii na primere opyta OOO «Gazprom transgaz Ufa» [Increase in efficiency of maintenance and maintenance of the equipment of gas distribution stations on the example of experience of LLC Gazprom Transgaz Ufa]. *Territoriia neftegaz*, 2015, no. 9, pp. 40–44.
18. Gerike B.L., Abramov I.L., Gerike P.B. Strategiia tekhnicheskogo obsluzhivaniia gornykh mashin po fakticheskomu sostoiianiiu na osnove metodov vibrodiagnostiki i nerazrushaiushchego kontroliia [The strategy of maintenance of mining machines on actual state on the basis of methods of vibration diagnostics and nondestructive control]. *Vestnik Kuzbasskogo gos-udarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2008, no. 1(65), pp. 11–14.
19. Zagorodnii A.D. Obespechenie perekhoda na obsluzhivanie po fakticheskomu tekhnicheskomu sostoiianiiu za schet primeneniia kompleksa mer po zashchite, monitoringu i diagnostike [Ensuring transition to service on the actual technical condition due to application of a package of measures for protection, monitoring and diagnostics]. *Khimicheskaia tekhnika*, 2010, no. 8, pp. 32–37.
20. Iashchura A.I. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta obshchepromyshlennogo oborudovaniia [System of maintenance and repair of the common industrial equipment]. Moscow: Enas, 2008, 360 p.

Получено 26.06.2018

Об авторах

Иванов Владимир Александрович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры сварочного производства, метрологии и технологии материалов Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Феценко Александр Александрович (Пермь, Россия) – аспирант кафедры сварочного производства,

метрологии и технологии материалов Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: feshchenko_alexander@mail.ru.

About the authors

Vladimir A. Ivanov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of

Welding Production, Metrology and Technology of Materials, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: msi@pstu.ru.

Alexander A. Feshchenko (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Welding Production, Metrology and Technology of Materials, Perm National Research Polytechnic University; e-mail: feshchenko_alexander@mail.ru.