ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71240— 2024

СТАНКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ

Организация технического обслуживания и ремонта станочного парка в формате «по техническому состоянию». Общие положения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Публичным акционерным обществом «Мобильные ТелеСистемы» (ПАО «МТС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 070 «Станки»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 февраля 2024 г. № 199-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Общие положения 3
4.1 Рекомендуемые области применения СТОиР-ТС 3
4.2 Организация СТОиР-ТС МОО 3
5 Основные принципы и порядок построения системы технического обслуживания и ремонта станочного парка в формате «по техническому состоянию» 3
5.1 Организация ТО оборудования 3
5.2 Организация ремонтов оборудования 3
5.3 Порядок организации и обеспечения функционирования СТОиР-ТС на предприятии 4
5.4 Основные положения оперативной экспертной оценки технического состояния станочного парка предприятия (методика оперативной экспертной ОТС МОО) 6
5.5 Способы внедрения на предприятии оперативной экспертной оценки технического состояния станочного парка (оперативная экспертная ОТС МОО) 9
6 Методы инструментального контроля и безразборной диагностики, рекомендации по применению 9
6.1 Контроль геометрической точности станков 9
6.2 Контроль технологической точности станков 9
6.3 Методы оценки технического состояния (диагностики) станков путем контроля параметров, влияющих на их технологическую точность и надежность. Вибродиагностика 9
6.4 Совмещение методов инструментальной и экспертной диагностики (комплексная диагностика) 10
6.5 Метод статистической оценки технологической точности станков 10
6.6 Метод статистического мониторинга технологической точности станков 10
6.7 Рекомендации по применению методов оценки технического состояния 10
7 Принципы построения цифрового двойника (электронный паспорт) станочного парка ЦДСтП 12
Приложение А (справочное) Методика оценки экономического эффекта от построения системы технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию металлообрабатывающего оборудования 14
Приложение Б (справочное) Метод безразборной вибродиагностики технологического оборудования 18
Библиография 22

Введение

Настоящий стандарт разработан для обеспечения и поддержания работоспособного состояния металлообрабатывающего оборудования на предприятиях машиностроения и смежных обрабатывающих отраслей промышленности при проведении технического обслуживания и ремонта (ТОиР) указанного оборудования.

Система технического обслуживания и ремонта — совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления (качества либо эксплуатационных характеристик) объектов, входящих в эту систему.

Методика «Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования» (далее — типовая система ТОиР) [1], была разработана 1988 году для обеспечения выполнения производственных программ — в условиях плановой экономики. Многие рекомендации, изложенные в [1] актуальны и в настоящее время. Однако организация эффективной системы ТОиР в современных условиях должна учитывать специфику рыночной экономики.

В этих условиях требуется разработка комплексной системы ТОиР по техническому состоянию (СТОиР-ТС) с рекомендациями по ее применению, как к отдельным единицам оборудования, так и к оборудованию участка, цеха, предприятия в целом.

Для разработки планового предупредительного ремонта (ППР) оборудования по техническому состоянию необходима исходная информация о техническом состоянии станочного парка по предприятию в целом, по отдельным подразделениям, по технологическим группам оборудования, по каждой единице оборудования.

Разработка оптимальных планов ППР оборудования по техническому состоянию требует обработки большого объема информации (результаты оценки технического состояния оборудования, ориентировочная стоимость ремонта каждой единицы оборудования с учетом ее технического состояния, объемы выделяемых средств, производственные приоритеты). Необходимы программные средства, позволяющие, для разработки оптимальных планов ППР, использовать IT-технологии, в т. ч. цифровой двойник (электронный паспорт) станочного парка предприятия.

Настоящий стандарт является основополагающим, базовым, содержащим основные положения СТОиР-ТС и предваряющим последующую разработку стандартов, посвященных отдельным элементам СТОиР-ТС.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СТАНКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ

Организация технического обслуживания и ремонта станочного парка в формате «по техническому состоянию». Общие положения

Machine tools. Organization of maintenance and repair of the machine park in the format «according to technical condition». General principles

Дата введения — 2024—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к организации системы технического обслуживания и ремонта металлообрабатывающего оборудования в формате «по техническому состоянию», которая является дальнейшим развитием и адаптацией к современным условиям принятой в промышленности типовой системы ТОиР [1], на предприятиях машиностроения и смежных отраслей промышленности, иных ведомств, располагающих станочным парком, с учетом конкретных рекомендаций по их применению, как к отдельным единицам оборудования, так и к оборудованию участка, цеха, предприятия в целом.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.049 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

ГОСТ 18097 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности

ГОСТ 18322 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ 22267 Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров

ГОСТ 30296 Аппаратура общего назначения для определения основных параметров вибрационных процессов. Общие технические требования

ГОСТ 30544 Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории

ГОСТ 34479 Станки металлорежущие. Условия испытаний. Нормативно-техническое обеспечение совершенствования методов диагностирования и технологий ремонтно-восстановительных работ станочного парка

ГОСТ ISO 230-1 Нормы и правила испытаний станков. Часть 1. Геометрическая точность станков, работающих на холостом ходу или в квазистатических условиях

ГОСТ Р 27.102 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 13373-2 Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 2. Обработка, анализ и представление результатов измерений вибрации

ГОСТ Р ИСО 13373-3 Контроль состояния и диагностики машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 3. Руководство по диагностированию по параметрам вибрации

ГОСТ Р ИСО 18436-2 Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 2. Вибрационный контроль состояния и диагностика

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 18322 и ГОСТ Р 27.102, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1.1 **специализированная организация:** Организация, имеющая необходимые разрешительные документы в соответствии с действующим законодательством и допущенная в установленном порядке к выполнению отдельных подрядных работ и услуг по техническому обслуживанию и ремонту станочного парка.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АЧХ — амплитудно-частотная характеристика;
БИД — безразборная инструментальная диагностика;
ВД — вибрационная диагностика;
КТГ — коэффициент технической готовности;
КГТ — контроль геометрической точности;
КТС — контроль технического состояния;
КТТ — контроль технологической точности;
МОО — металлообрабатывающее оборудование;
МТССП — мониторинг технического состояния станочного парка;
МТТС — мониторинг технологической точности станков;
МТТСП — мониторинг технологической точности станочного парка;
ОГМ — отдел главного механика;
ОО — обрабатывающее оборудование;
ОТиСРП — оценка точности и согласованности работы приводов;
ОТС — оценка технического состояния;
ОЦ — обрабатывающий центр;
ППР — планово-предупредительный ремонт;
ПК — персональный компьютер;
СОТТ — статистическая оценка технологической точности;
СТОиР-ТС — система технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию;
ТО — техническое обслуживание;
ТОиР — техническое обслуживание и ремонт;
ТС — техническое состояние;
ФОТ — фонд оплаты труда;
ЦДО — цифровой двойник оборудования;
ЦДСтП — цифровой двойник станочного парка;
ЦИЛ — центральная измерительная лаборатория;
ЧПУ — числовое программное управление;
ШВП — шарико-винтовая пара;
ЭОТС — экспертная оценка технического состояния.

4 Общие положения

4.1 Рекомендуемые области применения СТОиР-ТС

СТОиР-ТС применяют на предприятиях любой отрасли промышленности, где руководством предприятия принято решение о применении организации ремонта оборудования по техническому состоянию, для которого Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности не предусмотрен его ППР по регламенту.

4.2 Организация СТОиР-ТС МОО

СТОиР-ТС должна быть организована и быть единой в объединениях предприятий, на отдельных предприятиях и ремонтных организациях.

Организация СТОиР-ТС включает:

а) получение исходной информации методом оперативной ЭОТС станочного парка.

Результатом ЭОТС [2] является определение для каждой единицы оборудования значения коэффициента оценки технического состояния $1{,}00 \geq К_{отс} \geq 0{,}00$. Значение $К_{отс}$ косвенно характеризует затраты, необходимые для восстановления начального технического состояния ($К_{отс} = 1{,}00$) и необходимый вид ремонта;

б) определение ориентировочных затрат на ремонт оборудования по каждой единице ОО и по парку в целом [2];

в) проведение более глубокой диагностики тяжелого и уникального оборудования (вибродиагностика, дефектация или проверка основных параметров оборудования инструментальными методами);

г) разработку технической документации, необходимой для функционирования СТОиР-ТС;

д) построение ЦДСтП (электронного паспорта) предприятия;

е) организацию МТССП предприятия;

ж) организация МТТСП предприятия;

и) формирование плана ППР в соответствии с рекомендуемыми видами ремонта, приоритетами, ориентировочными затратами и возможностями финансирования [2].

5 Основные принципы и порядок построения системы технического обслуживания и ремонта станочного парка в формате «по техническому состоянию»

5.1 Организация ТО оборудования

5.1.1 ТО оборудования проводят согласно разработанным графикам и осуществляют в объемах и с периодичностью, определяемыми эксплуатационными документами, разработанными заводом-изготовителем. При отсутствии такового, эксплуатирующая организация, разрабатывает карту технического обслуживания, которая должна содержать:

а) карту смазки и другую информацию, в зависимости от конструкции станка;

б) перечень всех подлежащих выполнению видов технического обслуживания (планового, непланового, при хранении, транспортировке) с краткой характеристикой их содержания;

в) перечень операций (с наименованием и содержанием работы) в цикле технического обслуживания (следует предусмотреть КТС инструментальными методами, включая вибродиагностику);

г) трудоемкость выполнения каждой операции;

д) состав исполнителей каждой операции, с указанием их квалификации.

5.1.2 Годовые графики ТО (с учетом периодичности ТО отдельных единиц оборудования) составляют по всем цехам и подразделениям предприятия. Организация ТО должна также предусматривать проведение непланового ТО, т. к. приближение отказа ряда неподвижных деталей и изделий, входящих в состав электрической части, и элементов электронных устройств не сопровождается видимыми признаками и не может быть обнаружено до наступления отказа. Замена их при проведении ТО возможна только в неплановом порядке. Ориентировочную стоимость ТО отдельных единиц оборудования и станочного парка предприятия в целом определяют по методике, изложенной в [2].

5.2 Организация ремонтов оборудования

5.2.1 Ремонт оборудования по техническому состоянию проводят в плановом порядке (планы формируют на год) на основании полученной исходной информации о ТС станочного парка предпри-

ятия, которая определяется по методике оперативной экспертной ОТС МОО [2], основные положения которой изложены в 5.4.

5.2.2 Кроме результатов оперативной экспертной ОТС МОО, источником исходной информации о техническом состоянии оборудования для разработки планов ППР служит МТССП, мониторинг технологической точности отдельных единиц оборудования, а также результаты контроля норм точности и безразборной диагностики оборудования, которому по результатам экспертной оценки требуется проведение ремонта. Основные положения существующих методов безразборной диагностики, в т. ч. наиболее глубокой и высокоточной вибродиагностики в соответствии с ГОСТ 34479, изложены в 6.3.

5.2.3 При составлении годового графика ППР по техническому состоянию необходимо предусмотреть проведение технической диагностики каждой единицы оборудования перед выводом его в ремонт. Диагностику проводят для уточнения технического состояния, объема предстоящих работ и стоимости ремонта, а также для заблаговременного приобретения запчастей и комплектующих, что позволит рационально использовать средства при заключении договоров на ремонт и сократить время нахождения оборудования в ремонте. На основании результатов диагностики оборудования, с учетом мониторинга его технического состояния и технологической точности, составляют ведомость дефектов. Методы диагностирования определяют исходя из технологической и экономической целесообразности. Например, вибродиагностика в соответствии с ГОСТ 34479 наиболее эффективна для тяжелых, уникальных, прецизионных станков, в том числе станков с ЧПУ и ОЦ. На основании ведомости дефектов определяют стоимость ремонтов отдельных единиц оборудования и станочного парка предприятия в целом [2].

5.2.4 Помимо планового ремонта следует предусмотреть внеплановый, который осуществляют по мере необходимости, при обнаружении ухудшения качества обработки изделия (повышенный шум, вибрация, нагрев и т. п., выявленные в результате эксплуатации и мониторинга технического состояния, а также при наступлении аварийной ситуации).

5.3 Порядок организации и обеспечения функционирования СТОиР-ТС на предприятии

5.3.1 Определение лица, ответственного за разработку и функционирование СТОиР-ТС на предприятии

Лицо ответственное за разработку и функционирование СТОиР-ТС, назначается приказом (распоряжением) руководителя предприятия.

При численности станочного парка более 50 единиц создают группу контроля технического состояния (группа КТС) с подчиненностью лицу, ответственному за разработку и функционирование СТОиР-ТС.

Руководитель группы КТС определяет ее состав, функции и обязанности в соответствии с требованиями делопроизводства и системы менеджмента качества предприятия (включая разработку положения о группе КТС и др.).

5.3.2 Проведение оперативной экспертной ОТС МОО станочного парка предприятия

Вне зависимости от численности станочного парка, первичную (исходную) информацию о его ТС получают методом экспертной оценки по методике оперативной экспертной ОТС МОО для того, чтобы получить характеристики станочного парка (средний возраст оборудования и средние значения $К_{отс}$ по парку в целом, по цехам, по технологическим группам), необходимые для разработки проектов планов ППР, МТССП, принятия необходимых мер для улучшения его ТС.

Приказом (распоряжением) по предприятию ответственным за проведение оперативной экспертной ОТС МОО назначается, как правило, лицо ответственное за функционирование СТОиР ТС или руководитель группы КТС.

Оперативную экспертную ОТС МОО проводят специалисты предприятия, в т. ч. специалисты группы КТС (согласно 5.3.1), или проводят совместно со специализированной организацией, привлекаемой на договорных началах.

Порядок взаимодействия специалистов предприятия и специализированной организации определяется договором.

Работы по оперативной экспертной ОТС МОО проводят под руководством лица, ответственного за проведение оперативной экспертной ОТС МОО или руководителя группы КТС, в функции которых входит:

а) привлечение к работе лиц, ответственных за ТС и эксплуатацию оборудования в цехах и подразделениях предприятия;

б) формирование и согласование проекта договора со специализированной организацией, привлекаемой к проведению оперативной экспертной ОТС МОО (при необходимости) с последующим его оформлением;

в) контроль выполнения обязательств специализированной организацией по заключенному договору;

г) составление отчета и информирование руководства предприятия (главного механика, главного инженера, руководителя предприятия) о результатах оперативной экспертной ОТС МОО (в целом по парку, по технологическим группам оборудования, по цехам и подразделениям).

5.3.3 Анализ результатов оперативной экспертной ОТС МОО

Анализ результатов оперативной экспертной ОТС МОО проводит лицо, ответственное за проведение оперативной экспертной ОТС МОО, или руководитель группы КТС с привлечением, по необходимости, лиц, отвечающих за ТС и эксплуатацию оборудования, а также специализированной организации (если это предусмотрено договором).

По результатам оперативной экспертной ОТС МОО:

а) станочный парк в целом, а также оборудование цехов и подразделений, разбивают на группы: эксплуатация, ремонт, модернизация и ремонт, утилизация;

б) распределяют станки по возрастному составу и по значениям $К_{отс}$ по цехам и подразделениям, по технологическим группам оборудования (станки токарные, фрезерные, сверлильные, плоскошлифовальные и т. п.);

в) определяют группы оборудования, требующие первоочередного включения в план ППР (с учетом возраста, значения $К_{отс}$ и потребностей производства);

г) определяют ориентировочную стоимость восстановления (ремонта) каждой единицы оборудования, которое может быть включено в план ППР.

Результаты анализа лицо, ответственное за проведение оперативной экспертной ОТС МОО, или руководитель группы КТС доводит до сведения руководства предприятия (главный механик, главный инженер, руководитель предприятия).

5.3.4 Формирование годового графика ТО по цехам и подразделениям

Графики ТО по цехам и подразделениям разрабатывает ОГМ или подразделение с аналогичными функциями на предприятии.

Регламент и периодичность ТО оборудования определяются эксплуатационными документами, разработанными заводом-изготовителем или картой технического обслуживания, разработанной эксплуатирующей организацией в случаях, приведенных в 5.1.1.

Графики согласовываются с руководителями подразделений (цехов, отделов).

Сводный график ТО утверждается руководителем предприятия.

ОГМ или подразделение с аналогичными функциями разрабатывает предложения по обеспечению выполнения графика ТО.

Определяют необходимость привлечения специализированной организации к выполнению ТО станочного парка и ориентировочную стоимость работ по ТО, с учетом привлечения специализированной организации.

Сводные предложения по станочному парку в целом согласовываются с руководителями подразделений и утверждаются руководителем предприятия.

5.3.5 Формирование плана ППР

Проект плана ППР разрабатывает ОГМ или подразделение с аналогичными функциями на предприятии, на основе анализа результатов оперативной экспертной ЭОТС МОО (см. 5.3.3), а также с учетом результатов мониторинга технического состояния и технологической точности отдельных единиц оборудования, вошедших в проект плана ППР. На проблемном и приоритетном оборудовании, для уточнения их технического состояния и установления очередности ремонта, проводят БИД, в т. ч. вибродиагностику в соответствии с ГОСТ 34479.

Осуществляют ориентировочный расчет сил и средств, необходимых для выполнения разработанного проекта плана ППР.

Определяют методы диагностики (см. раздел 6) перед ремонтом каждой единицы оборудования, и срок проведения вносят в проект плана ППР.

При отсутствии возможности проведения диагностики собственными силами привлекают специализированные организации и (или) отдельных специалистов для выполнения работ по безразборной диагностике (вибродиагностики в соответствии с ГОСТ 34479) и ремонту, конкретных единиц оборудования.

Определяют ориентировочную стоимость работ по выполнению плана ППР (диагностика, ремонт, модернизация).

Проект плана ППР направляют на согласование руководителям подразделений (цехов, отделов) с целью более полного учета потребностей текущего и перспективного производства.

С учетом замечаний и предложений, полученных при согласовании проекта плана, формируют окончательный вариант плана ППР, который проходит повторное согласование, доработку (при необходимости) и утверждается руководителем предприятия.

5.3.6 Организация контроля за выполнением графика ТО и плана ППР

Лица, ответственные за выполнение графика ТО и плана ППР и контроль выполнения графика ТО и плана ППР, назначаются приказом (распоряжением) руководителя предприятия.

Графики ТО и план ППР заносят в ЦДСтП предприятия (при наличии).

Информацию о ходе выполнения графиков ТО и плана ППР еженедельно заносят в ЦДСтП.

5.3.7 Создание и обеспечение функционирования ЦДСтП

ЦДСтП создают собственными силами предприятия (при наличии кадровых возможностей) или с привлечением специализированной организации.

Лица, ответственные за разработку ЦДСтП и ее функционирование, назначаются приказом (распоряжением) руководителя предприятия.

В случае привлечения специализированной организации предконтрактную проработку ведет лицо, ответственное за разработку ЦДСтП или руководитель группы КТС.

Порядок обеспечения функционирования ЦДСтП определяет разработчик, и его оформляют в виде стандарта организации.

5.3.8 Организация МТССП предприятия методом оперативной экспертной ОТС МОО

МТССП осуществляют путем периодического проведения оценки ТС станочного парка по методике оперативной экспертной ОТС МОО [2] и сравнения полученных результатов с результатами экспертной оценки ТС прошедших периодов.

Определяют динамику (положительную или отрицательную) изменений характеристик ТС станочного парка в целом, по цехам и подразделениям, по технологическим группам (средний возраст, средние значения $К_{отс}$).

Разрабатывают мероприятия по устранению причин наличия отрицательной динамики показателей.

Оценивают результативность мер, принимаемых с целью улучшения ТС станочного парка.

Результаты мониторинга (периодической оценки технического состояния станочного парка) заносят в ЦДСтП.

Порядок проведения работ по МТССП, в т. ч. периодичность проведения оперативной экспертной ОТС станочного парка, определяется приказом руководителя предприятия, после чего оформляется в виде стандарта организации.

5.3.9 Организация МТТС

В первую очередь МТТС организуют для станков, на которых обрабатывают детали, проходящие контроль в ЦИЛ (паспортизуемые детали).

При соответствующем оснащении измерительной и компьютерной техникой цеховых пунктов контроля качества возможно применение МТТС и для других станков.

Выбор оборудования, на котором проводят МТТС, критические значения точностных параметров, порядок получения, обработки и использования информации определяет, по согласованию с предприятием, разработчик системы мониторинга.

Результаты МТТС (достижение точностными параметрами критических значений) служат основанием для включения оборудования в план ППР планируемого или последующих годов.

Порядок проведения мониторинга оформляют в виде стандарта организации.

5.4 Основные положения оперативной экспертной оценки технического состояния станочного парка предприятия (методика оперативной экспертной ОТС МОО)

Методика оперативной экспертной ОТС МОО позволяет оперативно, практически единовременно, не прибегая к наиболее трудоемким и соответственно с более высокой стоимостью методам инструментального контроля и безразборной диагностики, получить достаточно объективную информацию о техническом состоянии больших массивов оборудования (станочный парк предприятия, группы предприятий, предприятий отрасли и т. п.).

Основная цель оперативной экспертной ОТС МОО единицы оборудования (далее — станка) является определение $К_{отс}$.

Под начальным техническим состоянием станка в данном случае понимается полное соответствие станка паспортным требованиям по точности, производительности, надежности, ремонтопригодности, комплектности, внешнему виду.

Для нового станка в момент его выпуска $К_{отс} = 1,0$.

С течением времени эксплуатации $К_{отс}$ уменьшается, приближаясь к нулю.

$К_{отс}$ позволяет получить унифицированные, сопоставимые статистические характеристики технического состояния станочного парка предприятия, отдельных цехов и подразделений, отдельных технологических групп станков. К таким характеристикам относятся:

а) распределения станков по возрастному составу;

б) распределения станков по значениям $К_{отс}$;

в) распределения станков по рекомендуемому характеру дальнейшей эксплуатации [эксплуатация (ТО, ТР), средний ремонт, капитальный ремонт, модернизация, утилизация].

Указанные статистические характеристики дают возможность:

а) формировать технически и экономически обоснованные проекты плана ППР по техническому состоянию (на основе $К_{отс}$);

б) формировать стратегию работ по обеспечению технологического развития станочного парка предприятия, холдинга и других структурных образований;

в) достаточно объективно определять рыночную стоимость оборудования при его реализации в состоянии «как есть» или при оценке рыночной стоимости основных фондов;

г) выделять из имеющегося парка группы оборудования: годного к эксплуатации; требующего замены; требующего текущего ремонта, требующего среднего ремонта; требующего капитального ремонта (модернизации); годного лишь для утилизации (разборка на запчасти, сдача в металлолом). Формирование таких групп необходимо для разработки графиков ТО, планов ППР, планов закупки нового оборудования;

д) определять ожидаемые затраты на ремонт, что позволяет учитывать имеющиеся возможности финансирования при формирования годовых планов ППР.

Факторы, определяющие снижение показателей технического состояния:

а) дефектность систем. Методика рассматривает в качестве дефектов:

1) механические повреждения узлов и деталей, влияющие на работоспособность станка;

2) некомплектность (отсутствие тех или иных элементов).

Степень дефектности каждой системы станка характеризуется коэффициентами уровня дефектности систем станка $К_{iд}$ (где i — порядковый номер системы станка: 1 — механика, 2 — электрика, 3 — гидравлика, 4 — ЧПУ, 5 — оснастка, 6 — эксплуатационные документы; д — дефект систем).

Значения коэффициентов уровня дефектности систем $К_{iд}$ определяют как относительный уровень затрат на устранение имеющихся в той или иной системе станка дефектов (ремонт или замена деталей и узлов, доукомплектование и т. д.) в общем объеме затрат на капитальный ремонт станка, принимаемом за единицу.

Наличие и характер дефектов той или иной системы станка определяют на основе информации о работоспособности и комплектности станка, имеющейся у механика цеха, участка и (или) визуально;

б) интенсивность эксплуатации. Влияние интенсивности эксплуатации на потерю технических показателей станка учитывается коэффициентом $К_{экс}$.

Величина $К_{экс}$ характеризует степень потери ресурса и точности вследствие эксплуатации;

в) возраст станка. Влияние возраста на потерю начальных технических показателей станка характеризуется коэффициентом $К_{в}$;

г) условия содержания (хранения). Влияние условий содержания (хранения) на потерю технических показателей станка учитывается коэффициентом $К_{хр}$.

Численные значения $К_{в}$, $К_{экс}$, $К_{хр}$ в зависимости от возраста, режима эксплуатации, условий содержания (хранения) определяются экспертно;

д) группы сложности. В связи с тем, что факторы, влияющие на потерю станком технических свойств, по-разному воздействуют на различные системы станка, а также в связи с различной «весомостью» той или иной системы в станках различной сложности, вводят разделение станков на группы сложности согласно таблице 1;

Таблица 1 — Группы сложности станков

Наименование группы сложности	Примечание
Ручное управление	Станки с ручным управлением
Ручное управление, гидравлика	Станки с ручным управлением и системой гидравлики (гидроцилиндры, гидронасосы, гидродвигатели и т. п.)
Цифровая индикация	Станки с ручным управлением и системой цифровой индикация (УЦИ)
Цифровая индикация, гидравлика	Станки с ручным управлением, системой гидравлики и УЦИ
ЧПУ	Станки с ЧПУ
ЧПУ, гидравлика	Станки с ЧПУ и системой гидравлики и т. п.
ОЦ	Многоцелевые станки с ЧПУ и автоматической сменой инструмента

е) технологические группы. Рассматривают укрупненные технологические группы оборудования, для которых можно сформулировать обобщенные показатели дефектности основных систем, узлов, деталей:

- МРС — металлорежущие станки;
- КПО — кузнечно-прессовое оборудование.

Состав групп может быть расширен. В рамках каждой группы может быть более детальное разделение (на типажные группы, виды и т. д.);

$К_{отс}$ определяют по формуле

$$К_{отс} = К_{экс} \cdot К_{в} \cdot К_{хр}(1 - \sum m_i К_{iд}). \quad (1)$$

Численные значения коэффициентов m_i, $К_{в}$, $К_{экс}$, $К_{хр}$ индивидуальны для той или иной технологической группы и группы сложности, алгоритм определения $К_{отс}$ по формуле (1) вносят в компьютерную программу расчета значений $К_{отс}$, которая может входить в ЦДСтП.

Численные значения коэффициента весомости трудоемкости ремонта i-й системы m_i определяют в соответствии с существующими нормативами трудоемкости ремонта отдельных узлов станков, а также экспертно на основе многолетнего опыта специалистов.

Экономически целесообразные варианты использования станка в зависимости от значения $К_{отс}$ приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Экономически оправданные решения в зависимости от значений $К_{отс}$

Варианты экономически оправданных решений	$К_{отс}$			
	1,00—0,70	0,69—0,36	0,35—0,10	Менее 0,10
ТО или текущий ремонт и эксплуатация	●	—	—	—
Средний ремонт и эксплуатация	—	●	—	—
Капремонт и эксплуатация	—	—	●	*
Модернизация и эксплуатация	—	●	●	*
Продажа в состоянии «как есть»	**	**	**	—
Утилизация	—	—	—	●

В настоящей таблице применены следующие обозначения:
«●» — наиболее приемлемое решение;
«*» — решение принимают при невозможности осуществить замену на новый станок или после капремонта (станок данной модели или аналог не выпускается, отсутствуют необходимые средства для замены станка и др. причины);
«**» — решение принимают при наличии спроса (заказа); требует предварительной маркетинговой проработки; при определении ориентировочной рыночной цены станка в состоянии «как есть» следует ориентироваться на значение коэффициента $К_{отс}$, выше которого, как правило, указанная цена, отнесенная к цене нового станка, быть не может;
«—» — не применимо.

Экономическую целесообразность глубокой модернизации (расширение технологических возможностей станка) определяют в каждом конкретном случае.

5.5 Способы внедрения на предприятии оперативной экспертной оценки технического состояния станочного парка (оперативная экспертная ОТС МОО)

Используют следующие варианты внедрения ОТС МОО: разовое и циклическое применение оперативной экспертной ОТС МОО.

Разовое применение оперативной экспертной ОТС МОО может быть осуществлено как самостоятельно специалистами предприятия, так и в рамках договорных взаимоотношений пользователя (заказчика) и исполнителя (организации, осуществляющей ЭОТС станочного парка по существующей методике [2]).

Циклическое применение оперативной экспертной ОТС МОО проводят по заранее запланированному графику как отдельно, так и в рамках функционирования ЦДСтП и может быть осуществлено как самостоятельно специалистами предприятия, так и в рамках договорных взаимоотношений пользователя (заказчика) и исполнителя (организации, осуществляющей оперативную экспертную ОТС станочного парка по существующей методике или используя программное обеспечение ЦДСтП).

Циклическое применение оперативной экспертной ОТС МОО позволяет осуществить МТССП предприятия, его цехов и подразделений путем отслеживания изменений во времени статистических характеристик ТС станочного парка под воздействием эксплуатации, проводимых ремонтов и замены станков с низкими значениями $К_{отс}$ на новые.

Примечание — Экономическую целесообразность организации и внедрение СТОиР-ТС на предприятии определяют расчетом потенциального или достигнутого экономического эффекта согласно методике, изложенной в приложении А.

6 Методы инструментального контроля и безразборной диагностики, рекомендации по применению

СТОиР-ТС требует оценки ТС оборудования, как единовременной, так и в режиме мониторинга.

Оценку ТС больших массивов оборудования, таких как станочный парк предприятия, осуществляют методом оперативной экспертной оценки технического состояния станочного парка (методика ЭОТС МОО), как единовременной оценки ТС, так и оценки ТС в режиме мониторинга, а ее результаты служат основой для разработки проектов планов ППР.

Оценку ТС отдельных единиц оборудования (при разработке планов ППР, перед выводом станка в ремонт и в других случаях, предусмотренных настоящим стандартом) осуществляют методами инструментального контроля и безразборной диагностики (см. приложение Б).

6.1 Контроль геометрической точности станков

КГТ осуществляют в соответствии с ГОСТ 8, ГОСТ 22267, ГОСТ ISO 230-1 и действующими стандартами на нормы точности тех или иных типов станков.

6.2 Контроль технологической точности станков

КТТ станков осуществляют путем проверки точности обработки образца-изделия в соответствии с ГОСТ 8, ГОСТ 22267, действующими стандартами на нормы точности станков различных типов и эксплуатационными документами, а также КТТ допускается осуществлять путем проверки точности обработки деталей, закрепленных на предприятии за станком.

6.3 Методы оценки технического состояния (диагностики) станков путем контроля параметров, влияющих на их технологическую точность и надежность. Вибродиагностика

В СТОиР-ТС допускается применять методы БИД, в основе которых лежит контроль некоторых параметров, в той или иной мере влияющих на техническое состояние станков, их технологическую точность, надежность.

К таким методам относятся:

- БИД на основе анализа характера и уровня вибраций станка (вибродиагностика в соответствии с ГОСТ 34479) (см. приложение Б);
- БИД на основе анализа изменения температуры нагрева отдельных узлов станка (термодиагностика);

- БИД на основе анализа наличия в смазке станка продуктов износа трущихся частей оборудования (трибодиагностика).

Для обеспечения функционирования СТОиР-ТС станков наиболее перспективной и востребованной является ВД в соответствии с ГОСТ 34479.

Анализ полученных данных проводят при помощи ПК с установленным необходимым программным обеспечением. Приоритетными объектами ВД в соответствии с ГОСТ 34479 являются наиболее сложные и дорогостоящие станки, в т. ч. не имеющие альтернатив применения в технологических процессах (прецизионные, тяжелые, уникальные станки, ОЦ) (см. приложение Б).

Результаты ВД каждого станка заносятся в банк данных ЦДСтП предприятия.

6.4 Совмещение методов инструментальной и экспертной диагностики (комплексная диагностика)

Комплексная оценка ТС станка (диагностика) осуществляется группой экспертов (механик, гидравлик, электрик, специалист по ЧПУ), утверждаемой приказом по предприятию.

По мере необходимости, определяемой экспертами, применяются, в той или иной степени, методы инструментальной диагностики (проверка тех или иных норм точности, оценка технологической точности, ВД).

6.5 Метод статистической оценки технологической точности станков

Метод не применяется в СТОиР-ТС, т. к. основан на анализе результатов обработки группы одинаковых образцов, осуществляемой при соблюдении специальных условий (не учитывается многообразие деталей, обрабатываемых на станке в реальном производстве, требует создания специальных условий испытаний).

6.6 Метод статистического мониторинга технологической точности станков

Метод основан на анализе изменений во времени параметров распределения результатов измерений обработанных деталей. От метода СОТТ (см. 6.5) отличается тем, что оценка технологической точности осуществляется непрерывно, в процессе выполнения станком производственной программы обработки закрепленных за ним деталей.

6.7 Рекомендации по применению методов оценки технического состояния

6.7.1 Наиболее полную информацию о техническом состоянии станка, в объеме, достаточном для эффективной работы СТОиР-ТС станочного парка предприятия можно получить только в результате совместного применение методов экспертной и инструментальной диагностики, что, в свою очередь, влияет на формирование графика ППР, плана закупок запасных частей и сторонних сервисных услуг.

Наибольшая эффективность применения в СТОиР-ТС рассмотренных в настоящем стандарте методов может быть достигнута только в случае разработки ЦДСтП предприятия, поэтому все рассмотренные методы оценки технического состояния требуют применения IT-технологий.

Выбор того или иного метода инструментального КТС станков в каждом конкретном случае остается за предприятием. Основные преимущества и недостатки методов инструментального контроля приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Преимущества и недостатки методов инструментального контроля

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
КГТ станков	Получение сопоставимых результатов КТС станка (геометрической точности) до и после ремонта, а также в режиме мониторинга. Возможность диагностировать наличие скрытых (не определяемых визуально) дефектов системы механики станка, вызывающих выход точностных параметров станка за границы допустимых значений. Проверки осуществляют в статике или на холостом ходу, без нагрузки	Высокая трудоемкость контроля всех точностных параметров станка. Невозможность осуществления КГТ на станках, находящихся в нерабочем состоянии

Окончание таблицы 3

Наименование метода	Преимущества	Недостатки
КТТ станков	КТТ может заменить КГТ при отсутствии необходимых средств измерений и измерительной оснастки. КТТ можно использовать как средство МТТС. КТТ можно использовать как средство безразборной диагностики — дает возможность определить узлы, которые необходимо ремонтировать	КТТ по результатам обработки одного образца не учитывает погрешностей обработки во всем «рабочем объеме» станка. Невозможность осуществления КТТ на станках, находящихся в нерабочем состоянии. Метод не учитывает наличие дефектов систем электрики, гидравлики, ЧПУ и др.
Совмещение методов инструментальной и экспертной диагностики (комплексная диагностика) оценки технологической точности станков	Существенно, по сравнению с другими методами инструментальной диагностики, сокращаются затраты времени и средств. ОТС может проводиться как работающего станка, так и не работающего	—
Метод статистического МТТС	Возможность отлеживать изменения контролируемых параметров во времени, осуществляя МТТС. Станок не выводят из эксплуатации на время испытаний. Оценка (контроль) технологической точности осуществляется во всем рабочем объеме в реальных условиях обработки деталей на данном станке. Возможность вывода станка в ремонт, не дожидаясь достижения критических значений контролируемого параметра, что позволяет устранить или резко сократить возникновение брака. Не требуется создание дополнительных структур — мониторинг осуществляют работники ОТК в процессе измерения деталей	Требуется разработка программного обеспечения процедур получения исходной информации и управленческих решений на основании результатов мониторинга. Требуется разработка программного обеспечения мониторинга (задание критических значений контролируемых параметров, обрабатываются детали, проходящие 100 %-ный контроль с фиксацией результатов измерений. Невозможность осуществления мониторинга на станках, находящихся в нерабочем состоянии. Метод не дает комплексной, сопоставимой оценки технического состояния станка, пригодной для статистического анализа технического состояния группы станков, включенных в программу мониторинга. Метод не учитывает ряд факторов, характеризующих техническое состояние станка (возраст, моральное старение, наличие дефектов систем электрики, гидравлики, ЧПУ и др.)

6.7.2 Наиболее общие рекомендации по применению тех или иных методов:

а) КГТ применяют для всех типов, типоразмеров и классов точности станков, в т. ч. с ЧПУ, перед выводом станка в средний или капитальный ремонт, а также после ремонта. При этом допускается использование как традиционных средств измерений, упомянутых в ГОСТ 18097, так и современных средств, таких как лазерные интерферометры, измерительные системы «Ballbar» и др.

В станках общепромышленного применения (токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные и др.) при отсутствии необходимых средств измерений допускается вместо КГТ проводить КТТ;

б) КТТ применяют для станков всех типов и типоразмеров за исключением тяжелых, уникальных, прецизионных станков, ОЦ, на которых следует проводить КГТ в соответствии с ГОСТ 18097 и 6.7.2.

КТТ проводят перед выводом станка в средний или капитальный ремонт и после ремонта.

В отдельных случаях (отсутствие необходимых средств измерений для проведения КГТ в полном объеме и др.) для тяжелых, уникальных, прецизионных станков, в т. ч. с ЧПУ, ОЦ, допускается проведе-

ние КТТ путем контроля обработанной на станке детали-образца или детали(ей) из числа закрепленных за станком;

в) ВД в соответствии с ГОСТ 34479 применяют преимущественно для дорогостоящих, сложных станков (тяжелые, уникальные, прецизионные станки, в т. ч. с ЧПУ; ОЦ) перед выводом станков в ремонт и после ремонта, а также перед вводом в эксплуатацию новых станков, в т. ч. импортных;

г) совмещение методов инструментальной и экспертной диагностики (комплексная диагностика) применяют для оценки технического состояния основной массы станков общепромышленного применения (токарные, фрезерные, шлифовальные, сверлильные, строгальные, зубофрезерные, шлицефрезерные и т. п.) перед ремонтом и после него;

д) СОТТ в СТОиР-ТС не применяют. Она может быть использована при испытаниях вводимых в эксплуатацию новых станков, в т. ч. импортных;

е) статистический МТТС применяют, в основном, для станков, обрабатывающих детали, контроль которых осуществляют средствами измерений, позволяющими получить численные значения результатов замеров. На станках, производящих детали, которые контролируют с применением калибров, метод не применим. Сферу применения метода можно расширить, изменив способ контроля деталей, обрабатываемых на том или ином станке.

Во всех случаях итогом инструментального контроля (оценки технического состояния) станка перед ремонтом является ведомость дефектов, составленная по результатам диагностики, с рекомендациями по устранению выявленных дефектов и с перечнем деталей и комплектующих изделий, необходимых для ремонта.

7 Принципы построения цифрового двойника (электронный паспорт) станочного парка ЦДСтП

ЦДСтП состоит:

а) из ЦДО. ЦДО каждой единицы оборудования содержит информацию, необходимую для качественного проведения ТОиР-ТС, включая информацию о техническом состоянии оборудования на данный момент времени и архив действий, проведенных в рамках ТОиР-ТС (ТО, ремонты и др.);

б) блоков МТССП и МТТСП, обеспечивающих информацией ЦДО и предлагающих формализованный порядок действий при возникновении предпосылок к отказам;

в) блока определения (расчета) сложности ремонта каждой единицы оборудования;

г) блока определения (расчета) затрат на проведение ТОиР-ТС по каждой единице оборудования, группам оборудования, по парку в целом;

д) блока, собирающего и хранящего данные, поступающие от систем ВД, других IoT-датчиков, собирающих данные во время всего жизненного цикла оборудования, а также данные других видов инструментального КТС (периодический контроль норм геометрической точности, КТТ и др.);

е) блока визуализации и коммуникации, удовлетворяющий все запросы участников ТОиР-ТС;

ж) блока цифровых форм документов, используемых в процессе ТОиР-ТС;

и) блока графиков ТО и планов ППР с системой контроля за исполнением и онлайн оповещением заинтересованных лиц;

к) блока справочников (каталогов) существующего оборудования, для упрощения поиска оборудования, необходимого для обновления станочного парка.

Варианты организации системы построения ЦДСтП:

а) «коробочный» вариант: все данные хранятся на сервере предприятия (интерфейс программы, справочники, каталоги, сопутствующие программы и т. д.); выход в Интернет отсутствует. Обновление и изменения осуществляются по графику и под контролем разработчика (поставщика);

б) «облачный» вариант: программа в полном объеме находится на сервере разработчика (поставщика);

в) комплексный вариант: основные данные, не подлежащие передаче по открытым каналам, находятся на сервере предприятия. Все остальное (справочники, каталоги, сопутствующие программы, расчеты, анализ и т. д.) находятся в «облаке» (сервер разработчика). Подключение тех или иных сервисов осуществляет предприятие по мере необходимости или по договоренности с разработчиком в автоматическом режиме.

ЦДСтП обеспечивает:

а) визуализацию информации о техническом состоянии станочного парка предприятия (возрастной состав, распределение значений $К_{отс}$ по парку в целом, по цехам и подразделениям, по технологическим группам оборудования);

б) визуализацию информации о технических характеристиках, техническом состоянии, графике ТО, планируемых и проведенных ремонтах каждой единицы оборудования;

в) формирование графиков ТО оборудования и осуществление контроля за их выполнением;

г) формирование различных вариантов плана ППР с целью последующего выбора варианта, наиболее полно отвечающего ситуации, сложившейся в планируемом периоде (результаты ОТС, приоритетные потребности производства, финансовые возможности);

д) контроль за ходом выполнения плана ППР;

е) мониторинг технического состояния отдельных единиц оборудования, групп оборудование (технологические цепочки, группы оборудования на выбор), станочного парка в целом, выявляя тенденции изменения технического состояния, прогнозируя отказы и планируя своевременные меры по их предотвращению;

ж) виртуальное моделирование различных ситуаций и анализ последствия предпринимаемых действий;

и) получение или обмен данными с другими программами, используемыми на данном предприятии.

Приложение А
(справочное)

Методика оценки экономического эффекта от построения системы технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию металлообрабатывающего оборудования

А.1 Принципы оценки экономического эффекта от построения СТОиР-ТС МОО

Цель проведения оценки экономического эффекта состоит в организации расчета потенциального или достигнутого экономического эффекта от внедрения СТОиР-ТС.

А.1.1 Сокращение количества потребляемых запчастей (списание запчастей по итогам проведения ремонтов) и, соответственно, общей стоимости списываемых используемых запасных частей в процессе ТОиР

Эффект достигается за счет того, что ремонтные подразделения и сторонние сервисные компании при проведении ремонта по техническому состоянию не осуществляют замену запасных частей, узлов и агрегатов, не выработавших свой ресурс, но которые были бы заменены при проведении ремонта по регламенту, но еще имеют остаточный ресурс.

Расчет основан на сравнении затрат на списание запасных частей «как было» при прежней системе ТОиР и «как стало», при организации на предприятии СТОиР-ТС. Наиболее точная оценка достигается при сравнении удельных затрат, отнесенных на 1 машино-час за выбранные периоды до и после.

Если у предприятия уже сформированы плановые затраты на ремонты по регламенту или по наработке, то потенциальные экономические эффекты могут быть оценены путем сравнения существующих плановых затрат по наработке и плановых затрат при применении СТОиР-ТС.

Основной экономический потенциал находится в сокращении случаев поломок и выходов из строя ключевых элементов и узлов станков, за счет своевременного выявления отклонений в работе оборудования.

А.1.2 Сокращение объемов и стоимости закупаемых запчастей

Эффект достигается от сокращения количества закупаемых запасных частей за счет более качественного планирования потребностей и снижения необходимости поддержания прежнего уровня страхового запаса для аварийных и внеплановых (аварийных) ремонтов.

Сокращение объемов закупок не тождественно сокращению объемов потребления/списания запасных частей, купленная запасная часть не списывается на себестоимость и является активом предприятия.

Расчет основан на сравнении затрат на закупку запасных частей «как было» при прежней системе ТОиР и «как стало», при организации на предприятии СТОиР-ТС. Наиболее точная оценка достигается при сравнении удельных затрат, отнесенных на 1 машино-час за выбранные периоды до и после (см. А.2).

А.1.3 Сокращение трудозатрат собственных ремонтных служб и затрат на привлечение сервисных компаний

Эффект достигается за счет сокращения срока и объема ремонтных работ, что в свою очередь достигается за счет грамотной организации на предприятии СТОиР-ТС, с проведением диагностики технического состояния оборудования и четкого выполнения графика ППР по срокам и видам необходимых ремонтных работ.

Сокращение трудозатрат собственных ремонтных служб приносит выгоду предприятию только при сокращении ФОТ ремонтного персонала. Если ФОТ ремонтного персонала не привязан к объемам выполняемых работ, то эффект будет отсутствовать.

При работе с сервисными компаниями эффекты будут достигаться только при сокращении выплат фиксированного вознаграждения по контракту или при сокращении объемов оплат разовых ремонтов из-за сокращения количества самих ремонтов.

Оценка эффекта основана на учете суммарных изменений двух видов затрат: затраты на ФОТ ремонтной службы предприятия в абсолютном выражении и затраты на работу сторонних сервисно-ремонтных компаний (без учета стоимости устанавливаемых запасных частей).

Необходимость учета и сравнения двух видов затрат обуславливается возможными изменениями пропорции объемов работ в разные периоды времени между собственной ремонтной службой и сервисными компаниями.

Наиболее точная оценка эффекта достигается при сравнении удельных затрат, отнесенных на 1 машино-час за выбранные периоды до и после (см. А.2).

А.1.4 Сокращение доли брака незавершенной и готовой продукции

Эффект достигается за счет сокращения времени использования оборудования на производство брака, что, в свою очередь, приводит к повышению объема выпускаемой годной продукции, случаев списания испорченных заготовок и сокращению затрат на закупку материалов и изготовление.

При сокращении доли выпуска бракованной продукции требуется оценка возможностей увеличения объемов годной продукции (на производствах с высокой загрузкой оборудования) с последующим дополнительным получением дохода и прибыли и сокращения затрат на производство бракованной продукции, таких как стоимость сырья и материалов, а также затрат на изготовление (см. А.2).

А.1.5 Повышение доступности оборудования и повышение производительности предприятия в целом

Ключевая функция системы ТОиР заключается в обеспечении доступности оборудования для производственных нужд. При высокой загрузке производства каждый дополнительный час доступности оборудования означает возможность увеличения объемов выпуска готовой продукции, соответственно, вся дополнительная маржа, полученная от реализации дополнительного объема продукции, является выгодой от перехода на СТОиР-ТС.

Повышение КТГ на загруженных производствах приводит к повышению объемов выпуска готовой продукции и повышению прибыли предприятия.

Существуют различные методы расчета эффекта от повышения доступности оборудования, производительности и объемов выпуска предприятия в целом.

Наиболее доступный и простой метод расчета эффекта основан на сравнении КТГ «как было» при прежней системе ТОиР и «как стало» при организации на предприятии СТОиР-ТС и оценке высвобождаемых мощностей оборудования для производства дополнительного объема готовой продукции. Например, при повышении КТГ с 80 % до 90 % эффект составит сумму всей дополнительной прибыли, получаемой от производства и продажи дополнительных 10 % объемов готовой продукции (см. А.2).

Рекомендуется использовать КТГ наиболее загруженных единиц оборудования или средний КТГ по всему станочному парку.

А.1.6 Рекомендации по организации регулярной оценки достигаемых эффектов от внедрения СТОиР-ТС

Для регулярной оценки достигаемых эффектов от организации СТОиР-ТС рекомендуется на предприятии разработать внутренний регламент (стандарт организации) и включить в обязанность регулярный расчет эффектов планово-экономической или финансовой службе, которая при получении данных от производственных, коммерческих и ремонтных подразделений будет проводить окончательный расчет. Не рекомендуется вменять расчет показателей техническим и ремонтным службам предприятий или сервисным компаниям.

А.2 Формулы расчета потенциальных экономических эффектов

А.2.1 Расчет эффектов от сокращения количества потребляемых запчастей (списание запчастей по итогам проведения ремонтов)

А.2.1.1 Дополнительную потенциальную прибыль за рассчитываемый период времени $Э_1$, руб., от перехода на СТОиР-ТС вне зависимости от текущих методов организации ТОиР вычисляют по формуле

$$Э_1 = \left(\frac{A}{M_1} - \frac{B}{M_2}\right) M_2, \quad (А.1)$$

где А — фактическая стоимость списанных запасных частей для всех единиц оборудования, по которым рассчитывается эффект за календарный год, до внедрения СТОиР-ТС, руб.;

M_1 — время работы единиц оборудования, по которым рассчитывается эффект за выбранный период до внедрения СТОиР-ТС, ч.

Примечание — Данный показатель может быть заменен объемом выпуска готовой продукции в стоимостном или натуральном выражении за тот же период времени;

В — фактическая стоимость списанных запасных частей для всех единиц оборудования, по которым рассчитывается эффект за выбранный период после внедрения СТОиР-ТС, руб.;

M_2 — время работы единиц оборудования, по которым рассчитывается эффект за выбранный период после внедрения СТОиР-ТС, ч.

Примечание — Данный показатель может быть заменен объемом выпуска готовой продукции в стоимостном или натуральном выражении за тот же период времени.

А.2.1.2 Эффект от перехода на СТОиР-ТС с метода организации ремонтов ТОиР по регламенту с применением $К_{отс}$

Расчет стоимости капремонта станка по регламенту $С_{кр.р}$ осуществляют по формуле

$$С_{кр.р} = 0{,}5\ С_н, \quad (А.2)$$

где $С_н$ — стоимость нового станка.

Расчет стоимость ремонта *i*-го станка по техническому состоянию $С_{р.т.с}$ осуществляют по формуле

$$С_{р.т.с} = 0{,}5 \cdot С_н(1 - К_{отс}), \quad (А.3)$$

где $К_{отс}$ — коэффициент оценки технического состояния станка.

Экономический эффект $Э_э$ от ремонта станка по техническому состоянию рассчитывают по формуле

$$Э_э = С_{кр.р} - С_{р.т.с} = 0{,}5\ С_н - 0{,}5\ С_н(1 - К_{отс}). \quad (А.4)$$

При расчете эффекта от нескольких станков экономические эффекты суммируют (пример приведен в таблице А.1).

Таблица А.1 — Пример определения экономического эффекта от применения ремонта по техническому состоянию пяти станков по сравнению с ремонтом по регламенту

Модель	$К_{отс}$	Стоимость нового станка $С_н$, тыс. руб.	Стоимость ремонта по регламенту $С_{р.р}$, тыс. руб.	Стоимость ремонта по техническому состоянию $С_{р.т.с}$, тыс. руб.	$Э_э$, тыс. руб.
NEF-400	0,45	5500	2500	2200	300
NEF-400	0,45	5500	2500	2200	300
MAZAK-200T	0,45	6500	3250	2650	600
МАНО-600	0,78	8000	4000	1100	2900
МАНО-1000	0,19	11 000	5500	4600	900
			Σ = 17 750	Σ = 12 750	Σ = 5000

А.2.2 Расчет эффектов от сокращения количества закупаемых запчастей

Дополнительную потенциальную прибыль за рассчитываемый период времени $Э_2$, руб., вычисляют по формуле

$$Э_2 = \left(\frac{A}{M_1} - \frac{B}{M_2}\right) M_2 C, \quad (А.5)$$

где А — фактическая стоимость закупленных запасных частей за выбранный период времени до внедрения СТОиР-ТС, руб.;

В — фактическая стоимость закупленных запасных частей, руб.;

С — ставка дисконтирования, принятая на предприятии для расчета эффективности инвестиций, % или доля.

А.2.3 Расчет эффектов от сокращения трудозатрат собственных ремонтных служб и затрат на привлечение сервисных компаний

Дополнительную потенциальную прибыль от сокращения трудозатрат собственных ремонтных служб и затрат на привлечение сервисных компаний за рассчитываемый период времени $Э_3$, руб., вычисляют по формуле

$$Э_3 = \left(\frac{A_1 + B_1}{M_1} - \frac{A_2 + B_2}{M_2}\right) M_2, \quad (А.6)$$

где $А_1$ — фактический ФОТ ремонтного персонала за выбранный период времени до внедрения СТОиР-Тс, руб.;

$В_1$ — фактические затраты на привлечение сторонних сервисных компаний за выбранный период времени до внедрения СТОиР-ТС, руб.;

$А_2$ — ФОТ ремонтного персонала за выбранный период времени после внедрения СТОиР-ТС, руб.;

$В_2$ — затраты на привлечение сторонних сервисных компаний за выбранный период времени после внедрения СТОиР-ТС, руб.

А.2.4 Расчет эффектов от сокращения доли брака готовой и незавершенной продукции

Дополнительную потенциальную прибыль от сокращения доли брака готовой и незавершенной продукции за рассчитываемый период времени $Э_4$, руб., вычисляют по формуле

$$Э_4 = (А_1 - А_2) \cdot Д \cdot МР + (В_1 - В_2), \quad (А.7)$$

где $А_1$ — фактическая доля брака за выбранный период времени до внедрения СТОиР-ТС (включая брак готовых изделий и незавершенного производства), % или доля;

$А_2$ — фактическая доля брака за выбранный период после внедрения СТОиР-ТС (включая брак готовых изделий и незавершенного производства), % или доля;

Д — объем выпуска готовой продукции за выбранный период времени после внедрения СТОиР-ТС (могут быть плановые данные), руб.;

МР — маржинальность готовой продукции, % или доля;

$В_1$ — объем списания брака за выбранный период времени до внедрения СТОиР-ТС, руб.;

$В_2$ — объем списания брака за выбранный период времени после внедрения СТОиР-ТС, руб.

А.2.5 Расчет эффектов от повышения доступности оборудования и повышение производительности предприятия в целом

Дополнительную потенциальную прибыль от увеличения объема выпуска продукции за счет перехода на СТОиР-ТС (актуально для загруженных предприятий) $Э_5$, руб., вычисляют по формуле

$$Э_5 = (А_2 – А_1) \cdot Д \cdot МР, \quad (А.8)$$

где $А_1$ — фактический среднемесячный КТГ станочного парка за выбранный период времени до внедрения СТОиР-ТС, % или доля;

$А_2$ — фактический среднемесячный КТГ станочного парка за выбранный период времени после внедрения СТОиР-ТС, % или доля.

Приложение Б
(справочное)

Метод безразборной вибродиагностики технологического оборудования

Б.1 Порядок проведения безразборной вибродиагностики технологического оборудования, изделий и их составных частей

Б.1.1 Исходными данными для идентификации параметров технологического оборудования, изделий и их составных частей (далее — оборудование) должны быть значения его вибрационных характеристик, полученные в результате проведения измерений и которые непосредственно связаны с его параметрами и напрямую определяют различные показатели его точности. Идентификацию параметров проводят в режиме функционирования оборудования на холостом ходу.

Основными источниками вибраций, возникающими при работе машин, являются колебания валов узлов механизмов. Частотные составляющие и величины амплитуд вибраций определяются дефектами отдельных элементов, установленных на валах, и погрешностями сборки и эксплуатации [3].

Б.1.2 Требования к информации об оборудовании, необходимой для проведения диагностики

Для проведения полноценной ВД в соответствии с методикой [3] требуется следующая достоверная информация:

а) полное наименование диагностируемого оборудования, включая заводской номер;

б) перечень обозначений всех установленных подшипников, непосредственно задействованных в обеспечении движений формообразования;

в) диаметры шкивов (числа зубьев) ременных передач приводов;

г) числа зубьев зубчатых передач в коробке передач;

д) параметры ШВП — шаг резьбы винта, номинальные диаметры винта и шариков;

е) схема расположения всех указанных выше узлов в диагностируемом оборудовании.

Б.1.3 Требования к измерительному оборудованию

Для проведения ВД допускается использовать технические средства измерения и анализа вибрации в переносном и стационарном исполнении, соответствующие требованиям ГОСТ 30296.

Переносные средства диагностирования могут иметь от 1 до 16 каналов измерения (преимущественно работающих параллельно).

Стационарные системы диагностирования могут иметь от двух и более каналов измерения (преимущественно работающих параллельно).

Для измерения виброускорения необходимо использовать вибропреобразователи с креплением с помощью шпильки или с магнитным креплением к объекту контроля, обеспечивающим надежное прилегание вибропреобразователя к объекту контроля. Там, где невозможно осуществить крепление с помощью шпильки или магнита, применяют крепление с помощью мастики.

Используемые вибропреобразователи должны иметь равномерную АЧХ во всей области измерения автоспектров.

Используемые для диагностических измерений вибропреобразователи должны иметь частоту собственных колебаний не ниже 20 кГц.

Каждый из каналов измерения вибрации, используемый для ВД, должен иметь динамический диапазон измерений виброускорения не менее 70 дБ, а его нелинейность не должна быть хуже 3 % [3].

Используемые виброанализаторы и стационарные системы должны обеспечивать:

а) построение спектров сигналов до частот не менее 15 кГц с максимальным разрешением по частоте не хуже 0,25 Гц (при построении спектров до 200 Гц) и максимальным количеством частотных линий не менее 800;

б) полосовую фильтрацию сигнала в частотном диапазоне не менее чем от 2 кГц до 15 кГц;

в) формирование огибающей сигнала на выходе любого из фильтров и построение ее спектра;

г) фильтрацию высокочастотной (выше 10 кГц) части сигнала виброускорения и измерение ее среднеквадратичного и пикового значений;

д) надежность измерительной аппаратуры при работе в температурном диапазоне окружающей среды от 0 °С до 50 °С, относительной влажности 30 % — 90 %.

Б.1.4 Требования к программному обеспечению

Программа диагностирования служит для автоматической обработки результатов измерений и постановке диагноза состояния узлов металлорежущего оборудования.

Программа диагностирования должна обеспечивать хранение и анализ результатов измерения вибрации диагностируемых узлов металлорежущего оборудования, автоматическое обнаружение превышения мониторинговых порогов и дефектов подшипников, автоматическую постановку наиболее вероятного диагноза с возможностью его коррекции специалистом по диагностированию.

Пользовательский интерфейс программы должен обеспечивать возможность описания объектов диагностирования и измерительной аппаратуры, выполнения операций оценки вибрационного и технического состояний объектов диагностирования, выдачи рекомендаций и составления отчетов. Должны быть предусмотрены возможности просмотра и графического анализа измерений и результатов диагностирования.

Модуль диагностирования должен автоматически обнаруживать ряды гармонических составляющих в спектрах вибрации и в спектрах огибающей, определять их принадлежность к наиболее вероятным признакам дефектов, определять текущие значения диагностических параметров.

В программе диагностики должна быть обеспечена возможность корректировки диагноза и прогноза квалифицированным специалистом, ответственным за результаты диагностирования. При этом в базе данных программы должны фиксироваться результаты автоматического диагностирования и заключения, сформированные (откорректированные) специалистом по диагностике.

Б.1.5 Требования к персоналу

Специалисты по вибрационному контролю и диагностированию машин и оборудования, должны пройти инструктаж в рамках требований ГОСТ Р ИСО 18436-2 и в установленном порядке проверку знаний требований техники безопасности. Все виды работ по ВД и оценке точности и согласованности работы приводов (ОТиСРП) должны проводиться с соблюдением требований правил и инструкций по охране труда и пожарной безопасности. В процессе проведения измерений должно быть задействовано не менее двух специалистов. Один работник должен обеспечивать постоянный контроль работы (вращения) диагностируемого агрегата и при необходимости осуществлять его аварийное отключение.

Конструкция используемых средств ВД и ОТиСРП, вспомогательного оборудования, а также устройств технологической оснастки рабочих мест должна соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003 и общим эргономическим требованиям по ГОСТ 12.2.049.

Б.1.6 Порядок проведения вибрационной диагностики:

а) предварительно, перед проведением испытаний, разрабатывают управляющую программу, в которую вводят параметры подшипников, шестерен, ШВП и пр., устанавливают частотный диапазон для измерения вибрационных характеристик и показатели, характеризующие динамику работы узлов и деталей станка, выбирают опорные точки для установки акселерометров, определяются режимы работы диагностируемого оборудования, на которых будет проводиться диагностирование;

б) акселерометры устанавливают в заранее определенные точки при помощи магнитных креплений или шпилек;

в) далее проводят измерение с использованием вибродиагностического оборудования на заранее определенном режиме его работы;

г) в конце проведения всех измерений проводят анализ полученных данных при помощи ПК с установленным необходимым программным обеспечением. Подробная информация о формировании и предварительном анализе полученных данных (сигналов) приведена в ГОСТ Р ИСО 13373-2 и ГОСТ Р ИСО 13373-3;

д) при нахождении дефектов каждому из них присваивают количественную оценку. Данную оценку рассчитывают, как отношение пик-фактора к среднеквадратичному значению на частоте проявления дефекта, выраженное в процентах. На основании статистики измерений применяют следующую градацию дефектов по оценке:

- до 5 % — слабый дефект, можно продолжать эксплуатацию;
- 5 % — 10 % — средний дефект, эксплуатация допускается, рекомендуется постановка дефектного узла на контроль;
- более 10 % — сильный дефект, рекомендуется замена или доработка узла (в зависимости от вида дефекта);

е) на основании проведенного анализа составляют отчет о диагностике.

Б.1.7 Оценка точности и согласованности работы приводов:

а) ОТиСРП проводят в соответствии с ГОСТ 30544 по методу 3 — проверка с помощью телескопической оправки со сферическими шарнирными опорами (допускаются измерения другими методами);

б) определяемые дефекты по осям: люфт привода, выбросы обратного хода, боковой люфт, циклическая ошибка, рассогласование скорости приводов, отклонение от перпендикулярности, отклонение от прямолинейности, рассогласование шкал, шаг циклической ошибки, рассчитанная скорость подачи.

Б.2 Отчетность о результатах диагностики и порядок их оформления

Б.2.1 Отчет о ВД

По проведению ВД по каждому дефектному узлу следует указать о возможности его дальнейшей эксплуатации и возможных способах снижения уровня дефектов или их полного устранения. В отчете должны быть следующие приложения:

а) кинематическая схема технологического оборудования, в соответствии с которой составлялась программа диагностирования и проводилось само диагностирование;

б) результаты ВД и анализа полученных данных по каждой точке измерений в табличном виде;

в) графики по каждой точке измерений. На графике должны быть выделены частоты, на которых выявлены дефекты (при их наличии).

Пример заполнения таблицы результатов вибрационного диагностирования приведен в таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Пример результатов ВД

Точка измерения	Диагностируемый узел	Выявленные дефекты
1	Подшипник качения SKF7024	Дефекты отсутствуют
…		
8	Ременная передача 172/306	Биение ведущего шкива — 5 %
9	Подшипник качения SKFNUP210	Дефекты отсутствуют
10	Подшипник качения SKF6006	Неоднородный радиальный натяг — 12 %. Износ тел качения и сепаратора — 5 %. Износ наружного кольца — 3 %
11	ШВП привода «Z»	Дефекты отсутствуют
…		

Б.2.2 Отчет по ОТиСРП

При проведении ОТиСРП следует указать итоговое значение отклонения от круглости, по каждому выявленному дефекту указать его величину, величину вклада в отклонение от круглости и рекомендуемые действия по устранению дефекта. В приложении следует привести сводную таблицу по всем дефектам (пример см. в таблице Б.2) и графики по каждой плоскости, в которой проводилось измерение.

Таблица Б.2 — Пример отчетной таблицы по ОТиСРП

Наименование ошибки	Значение		Вклад в отклонение от круглости	
	В отрицательном направлении	В положительном направлении	Абсолютное значение	Относительное значение
Люфт *X*	–14,0 мкм	–14,1 мкм	14,1 мкм	27 %
Люфт *Y*	–9,4 мкм	–9,8 мкм	9,8 мкм	19 %
Выбросы обратного хода *X*	–8,2 мкм	–7,9 мкм	8,2 мкм	16 %
Выбросы обратного хода *Y*	–6,4 мкм	–6 мкм	6,4 мкм	12 %
Боковой люфт *X*	0,2 мкм	0,5 мкм	0,4 мкм	1 %
Боковой люфт *Y*	–0,2 мкм	0,2 мкм	0,1 мкм	0 %
Циклическая ошибка *X*	1,7 мкм	0,7 мкм	1,7 мкм	3 %
Циклическая ошибка *Y*	1,0 мкм	1,0 мкм	1,0 мкм	2 %
Рассогласование приводов	0,09 мс		0,6 мкм	1 %
Отклонение от перпендикулярности	–36,4 мкм/м		3,6 мкм	7 %
Отклонение от прямолинейности *X*	0,4 мкм		0,2 мкм	0 %
Отклонение от прямолинейности *Y*	0,7 мкм		0,4 мкм	1 %
Рассогласование шкал	–4,8 мкм		2,4 мкм	5 %
Шаг циклической ошибки *X*	10,08 мм		—	—

Окончание таблицы Б.2

Наименование ошибки	Значение		Вклад в отклонение от круглости	
	В отрицательном направлении	В положительном направлении	Абсолютное значение	Относительное значение
Шаг циклической ошибки *Y*	19,05 мм		—	—
Рассчитанная скорость подачи	399,6 мм/мин		—	—
Смещение центра *X*	0,9 мкм		—	—
Смещение центра *Y*	1,2 мкм		—	—
Отклонение от круглости	24,5 мкм		—	—

Библиография

[1] «Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования» Минстанкопром СССР, ЭНИМС: Машиностроение, 1988

[2] Л.П. Толстых, С. М. Гора, Н. К. Медведев [и др.]: «Модернизация станочного парка промышленных предприятий»: методическое пособие Инфра-Инженерия, 2018 [136 с.]

[3] Савинов Ю.И. «Управление жизненным циклом станков на предприятиях Роскосмоса»: Станкоинструмент, — 2016, № 2 [с. 32—40]

УДК 67.05:006.354 ОКС 25.080

Ключевые слова: техническое обслуживание, комплексная СТОиР-ТС, вибродиагностика

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 07.02.2024. Подписано в печать 04.03.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,85.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru