

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра машиностроения

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА
СИСТЕМ И ПРИВОДОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И
ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 622.2 (073)

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ И ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ: Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *С.Л. Иванов, П.И. Романов, В.И. Князькина, А.А. Мякотных*. СПб, 2021. 20 с.

Изложена общая теория по предмету, необходимая для выполнения самостоятельной работы студентов магистратуры, представлены задачи для самостоятельного решения и закрепления теоретических основ по дисциплине «Мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования» направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» направленностей (профилей): «Металлургические машины и оборудование», «Оборудование нефтегазопереработки», «Технологические машины и оборудование для разработки торфяных месторождений», «Технологические процессы в машиностроении», «Инжиниринг технологических машин и оборудования в металлургии», «Инжиниринг технологических машин и оборудования в машиностроении», «Инжиниринг технологических машин, агрегатов и процессов для освоения территорий», «Технологические машины и оборудование для производства строительных материалов».

Даны основные определения теории технической диагностики, представлены методы диагностики и предложена структура выбора метода технической диагностики для технологических машин и оборудования.

Методические указания также могут быть полезны для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» и направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент к.т.н. *Е.Ю. Стенук* (ЗАО «Эс-Сервис»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания нацелены на повышение уровня теоретических и практических знаний студентами магистратуры курса учебной дисциплины «Мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования».

Самостоятельная работа подразумевает такой вид деятельности, при котором студент самостоятельно получает, закрепляет, обобщает и углубляет полученные ранее знания.

Организация самостоятельной работы предполагает развитие профессиональных навыков, что зависит от выполнения качественной работы над творческими заданиями, основываясь на теоретических знаниях прошлых лет и полученных в результате прослушивания курса программы.

Самостоятельная работа позволяет не только закрепить пройденный материал, но и сформировать навыки самостоятельной работы в учебной и профессиональной деятельности, а также творчески подходить к решению любых задач.

При проведении самостоятельной работы студенты должны выбрать и обосновать метод технической диагностики на основании предложенных задач или по теме магистерской диссертации, что поможет глубже разобраться в будущей научной работе.

1. ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА, ИХ СВЯЗЬ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ НАДЕЖНОСТИ

1.1 Основные положения о технической диагностике и мониторинге технологических машин и их связь с надежностью

При изучении курса «Мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования» следует уделить особое внимание документации: ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения, а также ГОСТ Р 53564-2009 Мониторинг состояния оборудования опасных производств.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Техническое диагностирование – определение технического состояния объекта. Данный термин применяют, когда основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Контроль технического состояния – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Контроль технического состояния подтверждает связь с теорией надежности, так как видами технического состояния являются: исправность, неисправность, работоспособность, неработоспособность, рабочее, предельное, опасное и другие виды состояния по ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения.

Диагностирование бывает трех видов (рис. 1):

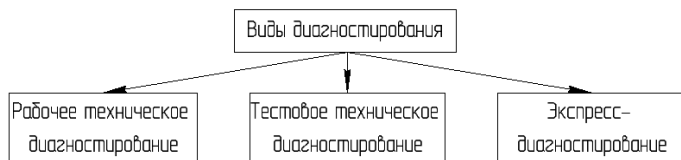


Рис. 1. Виды диагностирования

Аппаратуру и приборы, с помощью которых осуществляют диагностирование, называют *средством технического диагностирования (контроля технического состояния)*.

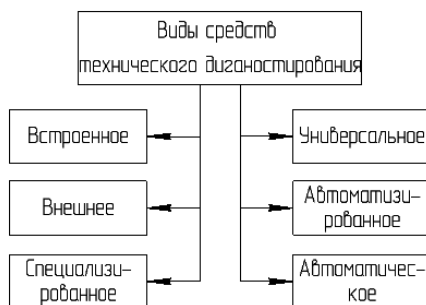


Рис. 2. Виды средств технического диагностирования

Как в теории надежности, так и в теории технической диагностики имеются свои показатели и характеристики.

Продолжительность технического диагностирования (контроля технического состояния) – интервал времени, необходимый для проведения диагностирования (контроля) объекта.

Достоверность технического диагностирования – степень объективного соответствия результатов диагностирования (контроля) действительному техническому состоянию объекта.

Полнота технического диагностирования – характеристика, определяющая возможность выявления отказов (неисправностей) в объекте при выбранном методе его диагностирования (контроля).

Глубина поиска места отказа (неисправности) – характеристика, задаваемая указанием составной части объекта с точностью, до которой определяется место отказа (неисправности).

Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности) при диагностировании (контроле) – вероятность того, что неисправный (неработоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается исправным (работоспособным).

Условная вероятность ложного отказа (неисправности) при диагностировании (контроле) – вероятность того, что исправный (работоспособный) объект в результате диагностирования (контроля) признается неисправным (неработоспособным).

Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности) в данном элементе (группе) – вероятность того, что при наличии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе).

Условная вероятность ложного отказа (неисправности) в данном элементе (группе) – вероятность того, что при отсутствии отказа (неисправности) в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе).

В целом, техническая диагностика – это один из способов получения информации, в то время как при проведении мониторинга эту информацию анализируют и по итогам анализа принимают решения о последующих действиях.

Система мониторинга (состояния оборудования): – совокупность процедур, процессов и ресурсов, реализованных с использованием диагностической сети, позволяющая по результатам измерений заданных параметров в заданных точках и наблюдений за работой оборудования получить информацию о текущем техническом состоянии оборудования, опасностях и рисках, связанных с его применением, требуемых действиях обслуживающего персонала и другие сведения, необходимые для реализации установленных предупреждающих мер.

Системы мониторинга должны обеспечивать получение информации об объекте мониторинга в необходимом количестве и качестве для обеспечения наблюдаемости его технического состояния. По результатам наблюдения системы мониторинга производят управляющие воздействия с целью обеспечить необходимый запас устойчивости технологической системы, качество ее функционирования, техногенную, экологическую и экономическую безопасность.

Для того, чтобы построить систему мониторинга необходимо соблюдать общие принципы:

- 1) принцип достаточности;
- 2) принцип информационной полноты;
- 3) принцип инвариантности;

- 4) принцип самодиагностики;
- 5) принцип структурной гибкости и программируемости;
- 6) принцип коррекции;
- 7) принцип дружелюбности интерфейса при максимальной информационной емкости;
- 8) принцип многоуровневой организации;
- 9) принцип интеграции в производственную исполнительную систему предприятия (MES-систему).

Мониторинг и техническая диагностика тесно связаны с надежностью технологических машин и оборудования. В задачи и мониторинга и технической диагностики входит:

- 1) определение вида технического состояния;
- 2) поиск места и причин отказов или неисправности;
- 3) прогнозирование технического состояния объекта на заданный период;
- 4) оценка выработки ресурса;
- 5) разработка рекомендаций по устранению и предотвращению отказов в условиях эксплуатации.

Так как *надежность* – это свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования, а показателями надежности являются безотказность, ремонтопригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость и готовность, то эти показатели можно поддерживать благодаря мониторингу и технической диагностике, следя с их помощью за техническим состоянием объекта.

1.2. Обзор и анализ методов технической диагностики и мониторинга систем и приводов технологических машин и оборудования

Для обеспечения функционирования систем и приводов технологических машин и оборудования существуют методы технического диагностирования. Диагностирование – одна из важных мер обеспечения и поддержания надежности технических объектов.

Если мониторинг осуществляется только при помощи специализированного оборудования, позволяющего непрерывно

наблюдать за системой, то техническая диагностика осуществляется как человеком, так и с помощью оборудования (датчиков, установок, аппаратуры и т.д.).

Методы технического диагностирования разделяют на три группы (рис. 3):

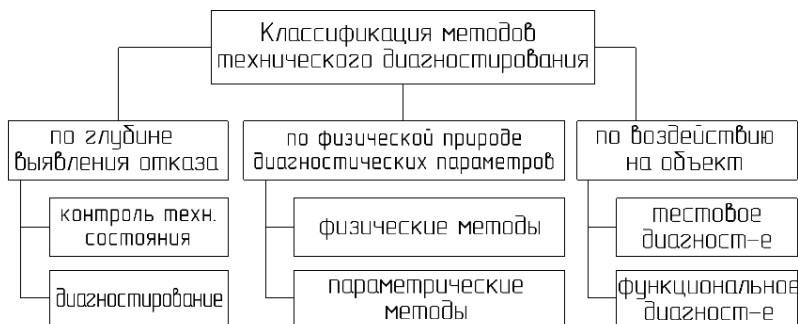


Рис. 3. Классификация методов технического диагностирования

Контроль технического состояния применяется, когда необходимо определить вид технического состояния, а диагностирование применяют при поиске места или определении причин отказа (неисправности).

Различие тестового и функционального диагностирования состоит в том, что при тестовом подается специальное воздействие на объект диагностирования, а при функциональном диагностирование проводится при рабочих условиях объекта.

Физические и параметрические методы имеют разную природу диагностических параметров и способы их измерения.

Физические методы, в свою очередь, разделяют на две группы: диагностирование и контроль в рабочем состоянии и в нерабочем состоянии.

Сначала рассмотрим физические методы и их особенности (таблица 1).

Таблица 1

Физические методы технической диагностики

Тип метода	Назначение	Технические средства	Поиск дефектов
1	2	3	4
Оптико-визуальный	Осмотр наружных и внутренних поверхностей деталей технологических машин	Оптические лупы, механические управляемые зеркала, механические эндоскопы	Коррозия, трещины, вмятины, подгары, окисления, местный наклеп и т.п.
Капиллярный метод (ГОСТ 18442-80)	Обнаружение поверхностных дефектов	Индикаторный пенетрант, очиститель от пенетранта, гаситель пенетранта, проявитель пенетранта.	Трубопроводы, корпусные детали и т.п.
Магнитный (ГОСТ 55612-2013)	Обнаружение повреждений в деталях из ферромагнитных сплавов	Магнитный порошок/паста/суспензия, преобразователь накладной/проходной/феррозондовый, другие средства магнитного неразрушающего контроля (дефектоскопы, толщиномер, структуроскоп, намагничивающее и размагничивающие устройства и т.д.)	Трещина, раковина, немагнитное включение
Вихретоковый (ГОСТ Р ИСО 15549-2009)	Обнаружение повреждений в деталях из магнитных и немагнитных токопроводящих материалов.	Прибор для измерения вихревых токов, датчик, эталонный образец	Трещины, пустоты, неметаллические включения
Ультразвуковой (ГОСТ 55724-2013)	Обнаружение поверхностных и внутренних дефектов деталей любых материалов	Пьезоэлектрические преобразователи, дефектоскопы	Дефекты пайки, склеивания, сварные соединения и т.п.

Окончание табл. 1

<p>Диагностирование узлов трения по накоплению продуктов износа в масле</p>	<p>Обнаружение в масле продуктов износа трущихся деталей</p>	<p>Регистрирующие и анализирующие устройства, улавливающие или обнаруживающие продукты износа</p>	<p>Сколы, износ, трещины, загрязнение рабочей жидкости и т.д.</p>
<p>Радиационный (ГОСТ Р 55776-2013)</p>	<p>Обнаружение поверхностных и внутренних дефектов деталей любых материалов (используются только при неэффективности более простых методов)</p>	<p>Компенсатор, фильтр, отсеивающий растр, диафрагма, коллиматор, ионизирующего излучения, усилитель радиационного изображения, радиационный преобразователь, радиационно-телевизионная установка, негатоскоп, радиационные толщиномер/уравномер/плотномер/ влагомер/ концентрантомер, флюорограф, радиационный интроскоп, флюороскоп.</p>	<p>Раковины, трещины, рыхлоты</p>
<p>Тепловой (ГОСТ 53698-2009)</p>	<p>Обнаружение дефектов по картине теплового излучения (затрудненное использование на подвижных деталях)</p>	<p>Тепловой дефектоскоп, тепловизор-дефектоскоп, датчики (термопары, терморезисторы), термочувствительные краски, специальные испаряющиеся жидкости.</p>	<p>Трещины, пустоты, расслоения, контроль сварки и пайки и др.</p>
<p>Виброакустический</p>	<p>Определение дефектов оборудования по анализу изменений акустического шума или вибраций</p>	<p>Вибро-акустикошумовые датчики</p>	<p>Разрушение подшипников, износ зубьев зубчатых передач, нарушение соосности валов трансмиссий, износ деталей подвижный соединений и др.</p>

Кроме физических методов контроля в рабочем состоянии существуют параметрические методы (таблица 2). Для них характерно применение определяющего параметра. Стоит отметить, что измеряемые параметры при диагностике оборудования связаны с функциональным назначением, либо характеризуют техническое состояние диагностируемого объекта. Кроме этого, перечисленные ниже методы применимы только в простейших случаях. Если контролируемых параметров большое количество, то подобные методы не применимы.

Таблица 2

Параметрические методы технической диагностики

Название метода контроля	Характеристика метода
1	2
Контроль по допуску на определяющий параметр	Контролируются такие устройства, у которых можно определить изменение внутренних и выходных параметров, а сравнивают с допустимыми значениями разницу измеренного значения с эталонным.
Контроль двух параллельно работающих элементов	Разность выходных параметров с двух элементов сравнивается с допуском, и если разница выше допуска, то система выдает отказ.
Метод одинаковых объектов, работающих параллельно	Контроль за техническим состоянием ведется по параметру разности выходного сигнала и суммы средних значений блока. Если параметр превысил допуск, то канал неисправен и его отключают. Схема продолжает работать и контролировать состояние оставшихся каналов.
Логические (знаковые) методы контроля	Если объект контроля обладает линейной функцией преобразования входного сигнала в выходной, то знак приращения определяющего выходного параметра должен совпадать со знаком приращения входного параметра.

Мониторинг – это комплекс непрерывных действий, который включает считывание информации, ее систематический анализ и принятие дальнейших решений. Существуют следующие методы мониторинга сложных технических систем (таблица 3):

Таблица 3

Методы мониторинга

Название группы методов	Методы	Краткое описание особенностей методов
1	2	3
Методы на основе прямого анализа данных	<ul style="list-style-type: none"> ▪метод главных компонентов (РСА); ▪дискриминантный анализ Фишера; ▪метод частичных наименьших квадратов (PLS); ▪метод канонического анализа колебаний. 	полученные значения в ходе работы систем и приводов технологических машин и оборудования анализируются напрямую, обработка данных в основном осуществляется в виде графиков с отклонениями от нормальных (эталонных) значений, и по полученным графикам принимают решение о дальнейшей эксплуатации объекта.
Аналитические методы мониторинга	<ul style="list-style-type: none"> ▪метод оценки параметров; ▪метод, основанный на наблюдениях. 	регистрируют все возможные параметры, основываясь на полученных значениях могут быть выполнены обнаружение и диагностика неисправностей путем сравнения наблюдаемых значений признаков с характеристиками, связанными с нормальными рабочими условиями, непосредственно или после некоторых преобразований.
Методы мониторинга состояния систем на основе баз знаний	<ul style="list-style-type: none"> ▪экспертные системы; ▪нечеткая логика; ▪методы машинного обучения; ▪методы распознавания образов. 	основаны на работе искусственного интеллекта, они включают эвристические и интеллектуальные подходы, обеспечивая анализ в условиях неопределенной, противоречивой или не поддающейся количественной оценке информации.

1.3. Выбор метода технической диагностики и мониторинга при решении задач в процессе эксплуатации систем и приводов технологических машин и оборудования и необходимость их диагностирования

Для определения метода технической диагностики и мониторинга в процессе эксплуатации систем и приводов технологических машин и оборудования необходимо опираться на знания о характере дефекта, а также:

- условия работы объекта;
- форму и размеры объекта;
- физические свойства материала деталей объекта;
- условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту;
- технические условия на объекты, содержащие количественные критерии недопустимости дефектов;
- чувствительность методов.

Кроме перечисленных пунктов, необходимо учитывать экономическую эффективность, которая в свою очередь зависит от: оценки затрат на проведение технической диагностики и мониторинга, технического и экологического эффекта от их применения и эффекта повышения безопасности от применения технической диагностики и мониторинга.

Также для выбора метода технической диагностики и мониторинга, необходимо определиться с диагностическими признаками состояния объекта и диагностическими параметрами.

Диагностические признаки состояния – это характеристики диагностического сигнала, содержащие информацию о параметрах технического состояния объекта.

Диагностические признаки разделяют на прямые и косвенные, при каждом техническом состоянии машины или оборудования, каждый дефект или неисправность характеризуются одним или несколькими внешними признаками.

При выборе диагностических признаков для оценки технического состояния агрегатов следует учитывать требования эффективности контроля и оптимизации системы диагностирования.

Диагностические признаки должны, прежде всего, иметь однозначную связь с состоянием объекта диагностирования. Однако следует учитывать, что изменение диагностических признаков происходит не только вследствие изменения технического состояния объекта, но и вследствие изменения условий диагностирования.

Кроме этого, выбранные диагностические признаки в совокупности должны предоставить достоверность определения технического состояния объекта. Также следует обязательно учитывать характеристики, отражающие взаимосвязи между различными физическими процессами машины. Следует отдавать предпочтение тем признакам, которые имеют наибольшую диагностическую ценность, позволяют обнаружить неисправности на ранних стадиях их развития и те, которые легко определять, измерять и обрабатывать в процессе эксплуатации.

Для определения диагностических параметров необходимо определить диагностическую модель – это формальное описание системы объекта или графоаналитическое представление, отражающее основные изменения, происходящие в объекте диагностирования при эксплуатации.

Диагностические модели могут быть представлены как:

- дифференциальные уравнения;
- логистические соотношения;
- диаграммы прохождения сигналов;
- графики причинно-следственных связей и др.

После выбора конкретной модели можно переходить к выбору диагностических параметров. Выбор и оптимизация совокупности диагностических параметров для контроля технического состояния объектов является одной из основных задач при разработке систем их диагностирования. Параметры, полученные при эксплуатации через выбранную модель диагностирования, объединяют в таблицу функций неисправностей, анализ которой с использованием условий минимизации булевых функций позволяет определить минимальную совокупность диагностических параметров для оценки технического состояния системы объекта и нахождения в ней отказавшего элемента.

Порядок при решении задач по курсу имеет следующую структуру:

1. учитывать характер дефекта и условия работы технологических машин и оборудования;
2. выбрать объект контроля;
3. определиться с диагностическими параметрами;
4. выбрать метод технической диагностики и мониторинга;
5. выбрать средства для проведения диагностирования;
6. определиться с местом расположения средств диагностирования.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ И ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ»

2.1 Пример решения задач применением методов технической диагностики и мониторинга систем и приводов технологических машин и оборудования

В качестве примера выполнения самостоятельной работы решим следующую задачу.

Пример задачи. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля загрязненности жидкости гидравлической трансмиссии, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Пример решения:

1) Объект контроля – рабочая жидкость гидравлической трансмиссии. При проведении литературного обзора было выявлено несколько основных источников загрязнения: частицы износа пар трения, абразив, поступающий через уплотнения, и разного рода загрязнения, поступающие во время транспортировки, хранения и загрузки масла.

2) В гидравлической системе экскаватора присутствует насос, который подает рабочую жидкость к рабочим органам машины, поэтому за связующее звено в системе рабочая жидкость-датчик-оператор отвечает шестеренный насос, входящий в гидравлическую схему трансмиссии экскаватора.

3) Обращаясь к пункту 1.3 определим для начала диагностические параметры.

Диагностические параметры	Доступность	Эффективность	Применимость	Скорость обработки	Точность
Вибрационный сигнал	+	+	+	+	-
Химический состав	+	+	-	-	+
Акустический сигнал	+	+	+	+	+

4) Для определения метода диагностики следует обратиться к таблице 1 пункта 1.2 и выбранным выше диагностическим параметрам. Методом диагностики будет метод акустической эмиссии, который позволит определять шумовые сигналы на высоких частотах внутри шестеренного насоса. Сравнение полученных данных с эталонными значениями даст результат по состоянию загрязненности рабочей жидкости.

5) Диагностику акустико-эмиссионным методом можно осуществлять с помощью датчиков подключенных к шестеренному насосу на входе и к АРП 11 на выходе.

6) Датчики следует установить на корпусе насоса вблизи точки зацепления зубьев, что позволит получать наиболее точный результат.

2.2. Задачи для самостоятельного решения по курсу «Мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования»

В качестве задачи для самостоятельного решения по курсу необходимо решить одну из представленных ниже задач.

Задача 1. Выбрать и обосновать метод технической диагностики, на основе диагностических параметров, а также подобрать необходимое для выбранного метода оборудование, взяв в основу тему магистерской диссертации.

Задача 2. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для определения качества сварных швов в виде трещин,

подрезов, пор, свищей, прожогов, наплывов, непроваров в нижней части швов, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 3. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля цапф наклоняющихся печей и литейных ковшей металлургической промышленности, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 4. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля трещин на трубопроводах, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 5. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля трещин в деталях из токопроводящих материалов, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 6. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля состояния подшипников в редукторе экскаватора, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 7. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для определения степени изношенности зубьев шестерен, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 8. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для оценки вязкости трансмиссионного масла, а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 9. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля состояния опорных колец МНЛЗ (машины непрерывного литья заготовок), а также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

Задача 10. Выбрать и обосновать метод технической диагностики для контроля состояния механизмов прокатных станов, а

также осуществить подбор оборудования для проведения технической диагностики выбранным методом.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение термину «техническая диагностика».
2. Дайте определение термину «техническое диагностирование».
3. Дайте определение термину «контроль технического состояния».
4. Дайте определение термину «система мониторинга».
5. Какими бывают виды диагностирования?
6. Какими бывают виды средств контроля технического состояния?
7. Назовите показатели теории технической диагностики, которые говорят о связи с теорией надежности.
8. Какие принципы необходимо соблюдать для построения системы мониторинга?
9. Перечислите основные задачи мониторинга и технической диагностики.
10. По какой классификации делят методы технического диагностирования?
11. Какими бывают методы по глубине выявления отказа?
12. Какими бывают методы по воздействию на объект?
13. Какими бывают методы по физической природе диагностических параметров?
14. Перечислите основные физические методы технической диагностики.
15. Перечислите основные параметрические методы технической диагностики.
16. Перечислите основные методы мониторинга.
17. На основании каких данных производят выбор метода технической диагностики?
18. Что представляют собой диагностические параметры (признаки)?
19. Как выбрать диагностические параметры для решения поставленной задачи?
20. Какими могут быть диагностические модели?

РЕКОМЕНДОВАННЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 20911-75; введ. 1991-01-01. – М.: Стандартиформ, 2009. 23 с.
2. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. – введ. 2011-01-01. – М.: Стандартиформ, 2019. 33 с.
3. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. – Взамен ГОСТ 27.002-89; введ. 2017-03-01. – М.: Стандартиформ, 2016. 42 с.
4. Киселев Ю.В. Основы теории технической диагностики. – Самара: СГАУ, 2004. 138 с.
5. Куликов Г.Б. Основы технической диагностики: учеб. пособие / Г.Б. Куликов; Моск. гос. ун-т печати им. Ивана Федорова. – М.: МГУП им. Ивана Федорова, 2013. 168 с.
6. Науменко А.П. Методы технической диагностики: Материалы лекций. – Омск: ОмГТУ, 2016. 125 с.
7. Шайхутдинов Д.В. Методы мониторинга и диагностики динамических сложных систем на базе средств имитационного моделирования / Д.В. Шайхутдинов // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11. С. 146-153

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Диагностика и мониторинг технического состояния объекта, их связь с показателями надежности.....	4
1.1 Основные положения о технической диагностике и мониторинге технологических машин и их связь с надежностью .	4
1.2. Обзор и анализ методов технической диагностики и мониторинга систем и приводов технологических машин и оборудования.....	7
1.3. Выбор метода технической диагностики и мониторинга при решении задач в процессе эксплуатации систем и приводов технологических машин и оборудования и необходимость их диагностирования.....	13
2. Самостоятельная работа по учебной дисциплине «мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования».....	15
2.1 Пример решения задач применением методов технической диагностики и мониторинга систем и приводов технологических машин и оборудования.....	15
2.2. Задачи для самостоятельного решения по курсу «Мониторинг и диагностика систем и приводов технологических машин и оборудования».....	16
3. Контрольные вопросы.....	18
Рекомендованный библиографический список.....	19

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ И ПРИВодОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов магистратуры направления 15.04.02*

Сост.: *С.Л. Иванов, П.И. Романов, В.И. Князькина, А.А. Мякотных*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
машиностроения

Ответственный за выпуск *С.Л. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 17.05.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,2. Усл.кр.-отт. 1,2. Уч.-изд.л. 1,0. Тираж 75 экз. Заказ 415.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2