



ОПТИКО-ВОЛОКОННАЯ МУТНОМЕТРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕД И МАСЕЛ



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт технологии металлов

ОПТИКО-ВОЛОКОННАЯ МУТНОМЕТРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕД И МАСЕЛ

Под общей редакцией академика Е. И. Маруковича



Минск
«Беларуская навука»
2011

УДК 681.7.068:66.063.62

Оптико-волоконная мутнометрия технических сред и масел / А. П. Марков [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т технологии металлов ; под общ. ред. Е. И. Маруковича. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 287 с. – ISBN 978-985-08-1255-1.

Обобщены результаты исследований и разработок лабораторных и промышленных турбидиметров, нефелометров и комбинированных мутномеров на основе оптико-волоконных преобразований информативных излучений, формирующихся при появлении признаков неоднородной среды.

Рассмотрены структурно-алгоритмические особенности информационно-преобразовательного процесса контроля прозрачности на основе нефелометрических и турбидиметрических методов и схем с учетом специфики оптико-волоконной мутнометрии технических сред и масел.

Представлены модели, схемы, конструкции и характеристики мутномеров отечественных и зарубежных разработчиков и производителей турбидиметров и нефелометров.

Массогабаритные преимущества световодов и преобразователей на их основе реализованы в структурах высокочувствительных и мобильных средств оперативного контроля технических сред и масел на основе оптико-волоконных мутномеров погружного типа.

Предназначена для технологов, исследователей и разработчиков, занимающихся вопросами аппаратного обеспечения и совершенствования мутнометрии в различных отраслях производственной деятельности. Будет востребована работниками лабораторий и отделов контроля качества и диагностики, а также студентами, магистрантами и аспирантами инженерных, приборостроительных и технологических специальностей.

Табл. 9. Ил. 72. Библиогр.: 73 назв.

А в т о р ы:

А. П. Марков, Е. И. Марукович, С. С. Сергеев, И. М. Строцкий

Р е ц е н з е н т ы:

доктор физико-математических наук, профессор И. Е. Зуйков,
доктор технических наук В. М. Пашкевич

ISBN 978-985-08-1255-1

© ГНУ «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси», 2011

© Оформление. РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность производственно-технической деятельности субъектов различных отраслей обуславливает наиболее рациональное использование сырья, энергии, материалов, интеллектуального потенциала и других составляющих всего народно-хозяйственного комплекса страны. Технологический процесс составляет материальную базу любого производства, конечной целью которого является получение качественной продукции с наилучшими технико-экономическими показателями.

Качество продукции выступает как важнейшая совокупная характеристика производства, определяющая эффективность технологии и оборудования, структуру и организацию управления. Формирование качества продукции осуществляется на всех ступенях производственного процесса, включая проектирование, конструкцию, материалы и технологию изготовления, оборудование и транспортировку, систему обслуживания при эксплуатации. Системный подход к управлению качеством позволяет увеличить срок службы машин и механизмов, снизить энерго- и материалоемкость, повысить производительность труда, гарантировать конкурентоспособность продукции и обеспечить потребительский спрос.

Технология производства устанавливает необходимые параметры производственного процесса, обуславливающие получение качественной продукции. Однако качество как обобщенная характеристика определяется множеством параметров исходных материалов, режимов работы оборудования, условиями эксплуатации, квалификацией исполнителей, организацией труда, рынками сбыта.

В реальном производственном процессе на конечный результат воздействуют различные объективные и субъективные факторы, вследствие чего появляются некоторые отклонения от заданных технологией режимов и параметров. Для реализации основной цели производства необходимо активное действие управляющей части в системе технологический процесс–управление. Основным критерием оптимальности в этой многоступенчатой системе принимается максимизация производительности технологического процесса при гарантированном качестве продукции.

Функционирование объекта любой системы неразрывно связано со средой. Отдельная деталь или узел, технологическая операция или их совокупности в виде производственного процесса и другие обособленные части с характерными локальными внутренними и внешними связями абстрагируются как формализованные объекты контроля.

Комплексное решение задач гарантированного обеспечения качества продукции требует системного учета всех факторов различной физико-технологической природы и причинно-следственных связей в едином производственном процессе. При этом существенное влияние на конечную продукцию оказывает как непосредственно технологическая среда осуществления тех или иных операций, так и окружающая среда обитания.

Работоспособность эксплуатируемых машин, механизмов и других агрегатов во многом зависит от среды, в условиях которой они функционируют. При этом параметры данной среды определяются, с одной стороны, технологией, с другой – текущим характером работы технического средства. По состоянию жидких сред, таких, как технические масла, коллоидные растворы, эмульсии, суспензии, аэрозоли и т. д., однозначно оценивается работоспособность того или иного агрегата или блока. Большое значение имеет организация экспресс-контроля непосредственно на месте и получение результатов в процессе работы.

В условиях производства технологическими нормативами определены критерии оценки, разработаны технологии и техни-

ческие средства проверки качества выпускаемых технических сред и масел. В заводских условиях с соответствующим аппаратным обеспечением контрольно-измерительных лабораторий с квалифицированным персоналом производится сертифицированный выпуск большого многообразия технических сред и масел. При этом нормативами определено число единичных показателей качества для каждого типа и вида продукции, а также отрасли [56].

Для товарных масел, используемых при эксплуатации машин и механизмов, число единичных показателей не превышает десяти наименований из общего числа до двадцати и выше. Значительная часть этих показателей по заводской технологии проверяется при сертификации масел в производстве [12, 32].

На перечень единичных показателей качества в условиях эксплуатации влияют климатические и сезонные условия, специфика конструкции узлов и подвижных соединений машин и механизмов, режимы работы и другие многофакторные воздействия. С учетом взаимозависимости работоспособности объектов и состояния технических сред текущие показатели качества выступают своеобразными индикаторами технического состояния механизма, для смазки которого они предназначены.

В общем случае в условиях эксплуатации технические жидкости, масла и среды являются изменяющимися в пространственно-временных координатах. С учетом своей специфики они могут быть сосредоточенными и распределенными, детерминированными и вероятностными, непрерывными и дискретными. Однако в большинстве случаев проявляются противоречия между формируемыми требованиями к используемым техническим средам и ограниченностью априорной информации о характере их функционирования в условиях объекта контроля и управления.

Особенно в условиях эксплуатации многофакторные зависимости текущего состояния масел и технических сред проявляются при технологической наладке, при заправке и регулировке, при техническом осмотре и ремонте. Основные отказы строительного-дорожных машин обусловлены наличием воды и инородных

включений в используемом масле. Они оказывают отрицательное влияние и на работу гидроаппаратуры [27].

При неблагоприятном сочетании факторов, влияющих на текущее состояние масел, они раньше доходят до предельного состояния своей работоспособности. С другой стороны, иногда к моменту регламентной замены, масло имеет большой качественный запас и не требует замещения.

На интенсивности загрязнений технических сред особенно сказывается режим работы. При движении транспортного средства по грунтовой дороге (и бездорожью) значительно возрастет нагрузка на двигатель и цилиндропоршневую группу по сравнению с перемещением его на то же расстояние по дороге с твердым покрытием. Интенсивность старения масел в двигателях с наработкой перед капитальным ремонтом в несколько раз превышает ее по сравнению с интенсивностью старения в новом двигателе [11, 27].

Для технических и экологических систем технико-экономическая работоспособность отдельных операций, блоков, машин и всего производственно-хозяйственного комплекса определяется состоянием жидких и газообразных сред, характеризующих эффективность и экономичность производственных процессов и условия жизнедеятельности.

Контроль и диагностика гидроагрегатов с объемным гидроприводом и деталей гидроаппаратуры напрямую связаны с установлением фактического состояния технических жидкостей и топливо-смазочных материалов. Особую актуальность имеет своевременное выявление отклонений в связи с интенсивным старением технических сред в зависимости от наработки. Методами ступенчатой фильтрации не обеспечивается рациональная работа дорогостоящей техники. Однако даже при такой технологии требуется оперативная информация о фактическом состоянии среды для подключения аппаратуры фильтрации.

Методы и средства оперативного контроля создают принципиальную возможность получения первичной информации непосредственно в условиях ее возникновения. Селективная и быстроедействующая аппаратура оптико-электронной мутнометрии

позволяет своевременно получать и обрабатывать информацию уже при появлении аномальных отклонений, исключая критические и аварийные ситуации.

Для литейного производства, металлургии, а также машиностроительного комплекса, нефтехимической, бумажной и других отраслей важное значение имеет оперативный контроль состояния технических сред и масел, сопутствующих некоторым технологическим операциям. В большом разнообразии гидравлических, редукторных и циркуляционных масел широко представлены закалочные масляные смазочно-охлаждающие и водосмешиваемые смазочно-охлаждающие жидкости.

Экспресс-контроль непосредственно в производственном процессе позволяет получать необходимую информацию о работоспособности оборудования и характере выполнения технологических операций, а также оперативно корректировать и управлять (регулировать) параметрами используемых технических сред и масел. По их параметрам можно также проанализировать работоспособность отдельных блоков и узлов, технологического оборудования, производственный брак, отказы и потери.

Состояние и свойства технических сред и масел позволяют выявить причины и механизмы появления и развития различных отклонений, сказывающихся на нормированном ресурсе безотказной работы оборудования.

Модернизация техники и совершенствование технологий литейного производства неразрывно связаны с автоматизацией технологического контроля. Наряду с обновлением и комплексной автоматизацией всего производственно-технологического процесса важное значение имеет автоматизация наиболее трудоемких, рутинных и ответственных контрольно-измерительных операций в единой системе обеспечения технико-экономической эффективности и качества.

В совершенствовании техники и технологий литейного производства автоматизация контрольно-измерительных операций имеет важное значение как непосредственно для производства, так и для всего обеспечения. И в системе управления процессами литья наряду с прямыми и обратными связями, устанавливающими

количественные взаимозависимости между управляемыми переменными и принятыми критериями, определяющую роль играют пространственно-временные взаимосвязи между случайными технологическими отклонениями и качеством производимых отливок. При этом ставится задача не только обеспечения выпуска годных изделий в установленные сроки, в заданной номенклатуре и в заданных объемах, но и обеспечения их качества при заданных финансово-энергетических параметрах и нормативном материально-техническом обеспечении [1, 8].

Технологический процесс с его спецификой трансформации материалов, веществ и энергии составляет материально-экономическую основу всякого производства. Конечной целью такой деятельности является получение качественной продукции с наилучшими технико-экономическими показателями и с минимальными издержками. И главная задача пооперационного регулирования и управления технологическим процессом состоит в упреждающем обеспечении нормативных показателей продукции.

Технологией задаются необходимые параметры на всех стадиях материально-энергетических преобразований: от сырья – до готовой продукции. Однако в силу субъективных и объективных многофакторных воздействий для реального технологического процесса характерно наличие некоторых отклонений от заданных режимов и параметров. От характера и взаимозависимостей таких отклонений зависит конечный результат производства.

В общепринятом инженерно-технологическом представлении в формировании качества учитываются переменные производственного характера, связанные непосредственно с технологиями дозирования и приготовления жидкого металла, формовочных и стержневых смесей, с теплофизическими параметрами изготовления отливок и форм. Наряду с этим в совершенствовании структуры системы управления качеством литья все большее значение играют конструктивные, информационно-физические и системные факторы. Однако если конструктивные и технологические условия predeterminedены проектно-технологической документацией, то системные факторы в большей степени про-

являются в пространственно-временных взаимосвязях между отдельными этапами и средой, в которой они реализуются.

Различные виды технологического контроля (приемочный, пооперационный и сдаточный способы и оценки состояния технических сред и масел) взаимно дополняются или исключаются. Технологическая культура, профессиональный уровень специалистов и состояние материально-технической базы способствуют более эффективной организации производства, что сказывается на его эффективности и конкурентоспособности продукции.

В новых условиях хозяйствования при жестких требованиях рыночной экономики особое значение имеет комплекс экономических, организационно-технических, правовых, экологических и эргономических мероприятий, направленных на повышение технической оснащенности технологического контроля и обеспечения качества продукции. Технологический контроль как важнейшая составляющая часть производственного процесса включает всю совокупность приемов и способов выполнения контрольно-измерительных операций. В свою очередь, операции по обнаружению признаков мутной среды, поиску и распознаванию зарождающихся дисперсных образований технологической природы составляют основу технической мутнометрии. При этом устанавливается любое несоответствие текущих свойств заданным, требуемым или ожидаемым.

При поиске физико-технологических ненормальностей с определенной точностью и достоверностью выявляется их местоположение и некоторые характерные особенности.

Технологический контроль технических сред и масел отличается своей трудоемкостью и затратностью. Наряду с современным аппаратным обеспечением технологии самого контроля требуют высококвалифицированных и ответственных исполнителей. В большинстве своем это рутинный и весьма напряженный труд, особенно в условиях эксплуатации реальных объектов. Лаборатории отличаются не только условиями, но и повышенными метрологическими требованиями и оснащением.

В решении стратегических задач обеспечения контроля качества определяющую роль играет оперативный контроль.

Для оперативного контроля технических сред и масел, особенно в полевых и нестационарных условиях, весьма эффективна мобильная переносная и портативная аппаратура, используемая в автономном режиме работы с максимально упрощенным обслуживанием. С учетом пространственно-временной неопределенности в формировании и распределении технологических неоднородностей среды особенно перспективна переносная аппаратура погружного типа. При таком зондировании обеспечивается съем первичной информации в любой зоне (объеме), что позволяет оценивать топологию сосредоточения и распределения неоднородностей, динамику их нарастания и оперативно принимать решения по дальнейшему использованию технической среды и масла.

На современном уровне развития наряду с информационными критериями по проявлению и выявлению признаков мутной среды в большей мере учитываются технико-экономические. Более употребительными и конкурентоспособными являются компактные, немассогабаритные и низкоэнергозатратные и нематериалоемкие, надежные в эксплуатации и простые в обслуживании оптические индикаторы и мутномеры.

Весь комплекс информационно-преобразовательных операций неразрывно связан с окружающей средой, средой трансформации и дистанцирования информативных сообщений, средой дестабилизирующих внутри- и внесистемных (внешних и внутренних) воздействий и т. д. И от характера таких воздействий существенно зависит структурно-алгоритмическая реализация информационно-физических преобразований от свойств технической среды и до их информационного отображения, документирования и практического использования.

Авторы выражают признательность инженеру ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» Т. В. Букатенко за помощь в подготовке материалов и иллюстраций.

НЕОДНОРОДНАЯ СРЕДА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В КОНТРОЛЕ И УПРАВЛЕНИИ

1.1. Разновидности сред

В системной взаимосвязи материального объекта с комплексом его физико-технических свойств и многофакторных причинно-следственных воздействий среды проявляются информационно-технологические особенности оперативного контроля. В ходе материально-энергетических и эксплуатационных процессов, а также из-за влияния техногенных факторов происходят пространственно-временные изменения нормированных свойств объекта и случайных воздействий среды [53, 56, 58].

Среда как вещество, заполняющее пространство, имеет свою физическую природу и технологически нормированные свойства, характеристики и параметры. В любом состоянии такая среда рассматривается как однородная физико-техническая структура (рис. 1.1) [34, 36, 56].

Такая структура может быть твердой и жидкой, газообразной и дисперсной, или другой физической природы. Однако с информационно-технологической стороны в нормированной среде отсутствуют информативные сообщения и характерные признаки ее пространственно-временного обновления. В нормированной среде нет ничего нового и нет первичной информации. С функциональным изменением нормированного состояния появляется некоторое динамическое пространство признаков, в котором нормированные параметры изменяют свое положение в поле

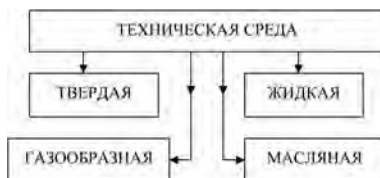


Рис. 1.1. Разновидности состояний технических сред

допусков. И всякий выход (за min или max) рассматривается как «ненормальность» среды с присущими ей экстремальными последствиями.

В случае проявления таких ненормальностей однородная среда становится (моделируется) неоднородной. В технологическом контроле неоднородная техническая среда может моделироваться в виде жидкостей, масел, газов, дисперсных веществ, твердых материалов. Например, стекло или полимер используются как среда трансформации и направленной передачи информации.

Применительно к технологическим процессам и технологическому контролю каждая техническая среда отличается спецификой аномальных отклонений и неоднородностей, хотя все они находятся в определенной взаимозависимости. Ненормальности и неоднородности для всякого объекта исследований и мониторинга отличаются своими информационно-энергетическими проявлениями, что позволяет выделить их специфические количественные и качественные характеристики. Если для отдельных объектов пассивные пространственно-временные взаимодействия отличаются длительностью проявления отражающих их свойств, то для технических сред и систем реакция на воздействие иногда проявляется немедленно. На их характер и функциональное состояние не меньшее влияние оказывают техногенные



Рис. 1.2. Функциональное различие неоднородных технических сред

воздействия, проявляющиеся в результате производственной деятельности людей.

Неоднородные технические среды объединяют различные масла, жидкости и смазки (рис. 1.2) с определенным технологическим назначением. Если технологией определяются параметры и свойства, то физико-технические особенности характеризуют их пространственно-временное состояние [34, 58].

Соответственно, и аппаратное обеспечение технологического контроля будет строиться на некоторых максимально адаптированных методах и технологиях. При общих подходах в физических эффектах и принципах построения они будут отличаться и максимально адаптироваться к специфике их структуры и условиям эксплуатации.

Структура неоднородностей, их физическая природа, размеры и форма проявляются в пространственно-распределенных свойствах неоднородной среды.

Если дисперсионная среда представляет непрерывную систему, в которой распределена инородная фаза с одинаковыми свойствами в разных направлениях (изотропная), то для диспергирующей среды ее свойства зависят от частоты распространяющихся в ней электромагнитных волн и направления воздействия излучения (рис. 1.3).

Однако независимо от специфики технической среды и ее аномальных отклонений способы и средства технологического контроля должны обеспечивать информационно-технологическую совместимость для согласованного взаимодействия со средой.

Первичные признаки неоднородной среды основываются на физическом контрасте, определяемом различиями в физической природе однородной и неоднородной фаз. Именно в различиях сплошной (однородной) и твердой (дисперсной) фаз проявляется информативность неоднородной среды.



Рис. 1.3. Особенности технических сред

1.2. Технологическая информация, ее проявление и источники

В общем виде производственно-технологические операции являются изменяющимися как во времени, так и в пространстве. Пространственно-временная изменчивость состояний и свойств среды позволяет оперативно оценивать реакцию объекта на определенное энерготехническое воздействие и выявлять особенности выполнения той или иной технологической операции. Они, в свою очередь, отличаются особенностями исходных материалов, технологического оборудования и режимами его работы.

Состояние и свойства среды определяются многообразными и многофакторными взаимозависимостями ее структуры. В процессе производства и выполнения эксплуатационных операций однородная среда с определенными нормированными характеристиками изменяется. Появляющиеся при этом неоднородности изменяют природу среды: она уже становится неоднородной. Неоднородности, обусловленные загрязнениями, охлаждающей жидкостью, топливом и абразивными частицами интенсифицируют процесс износа отдельных деталей и узлов. В нормальных условиях функционирования старение масел происходит постепенно. Однако с появлением неоднородностей различной физической природы может резко ухудшиться работоспособность технического средства, эксплуатационное состояние которого проявляется и в технологических отклонениях среды. Такая корреляционная зависимость состояний технического средства и среды позволяет эффективно строить оперативный контроль работоспособности, инструментальную диагностику подвижно сочлененных деталей механизмов и рационально использовать их технический ресурс.

В пространственно-временном распределении неоднородностей проявляются количественные и качественные показатели, как самой среды, так и объекта. При этом, если эти показатели для самой среды являются внутренними и непосредственными, то для действующего объекта они являются опосредственными и внешними. Однако и в том и в другом случае они определяют-

ся распределением физико-технических свойств в линейных и пространственных координатах.

Всякая неоднородность в однородной среде информирует об изменении ее структуры, состава и появляющихся технологических отклонениях. Неоднородности как некоторые физико-технологические признаки формируют случайно распределенное пространство признаков неоднородной среды. Случайное их сосредоточение определяется массогабаритными параметрами, формой и физической природой.

Применительно к производственным процессам методы и средства технологического контроля предполагают получение первичной информации об объекте и среде без нарушения процесса функционирования. Технологическая информация, полученная непосредственно в условиях эксплуатации, позволяет проанализировать работоспособность, технологические потери, брак и отказы, выявить причины и механизм появления и развития дефектов, сформулировать требования или скорректировать режимы и параметры технологического процесса и оборудования.

Ввиду отсутствия достоверных методов и средств контроля и диагностики по результатам статистических исследований при испытаниях и опытной эксплуатации устанавливался ограниченный ресурс безотказной работы. Однако высокоэффективные методы и средства оперативного контроля и обработки первичной информации позволяют достоверно оценивать состояние и управлять производственными процессами в реальном масштабе времени.

Управление объектами по их техническому состоянию позволяет наиболее рационально использовать все материально-энергетические возможности в производстве и эксплуатации и существенно повысить технико-экономические показатели работы этих объектов.

Однако управление объектами по текущему состоянию предъявляет повышенные требования к технологической информации, выбору способов и средств контроля. В своей совокупности они должны обеспечивать контролепригодность объекта, мобильность и оперативность, достоверность и быстрдействие

информационных операций. Их необоснованный выбор по принятому критерию и алгоритму приводит к резкому снижению качества и надежности работы объекта и технико-экономической эффективности всего производства.

На работоспособность машин, механизмов и других агрегатов существенное влияние оказывает среда, в условиях которой они функционируют. При этом параметры среды определяются, с одной стороны, технологией, а с другой – текущим характером работы технического средства. Технологией задаются химико-механические требования к техническим средам. К последним относятся жидкие, газообразные, полимерные и другие среды типа моторных масел, охлаждающих и закалочных жидкостей, формовочных растворов и др. Однородные среды свидетельствуют о нормальном функционировании технического средства.

В процессе эксплуатации и при воздействиях окружающей среды однородные технические среды изменяют свои свойства и характеристики. Отклонения физико-механических (физико-технических) свойств от нормируемых значений рассматриваются как неоднородности. Степень таких неоднородностей определяет качественные показатели работоспособности отдельного блока, узла, агрегата или технологической операции.

В оперативном контроле всякая неоднородность выступает как источник информации и при выходе из нормируемых значений рассматривается как ненормальность. При таком подходе неоднородная среда исследуется как объект технологического контроля. К таким объектам относятся технические масла, коллоидные растворы, эмульсии, суспензии, аэрозоли, формовочные среды, охлаждающие жидкости и газы. Формализованно к неоднородным средам относятся поверхностные нарушения сплошности, такие, как шероховатости, микронеровности, ржавчина, питтинговые пятна, прогары, микротрещины и др.

Информативность неоднородной среды обычно оценивается по некоторым предельным значениям показателей качества. Группа показателей качества включает: вязкость, диспергирующе-стабилизирующую способность, общую загрязненность нерастворимыми в масле составляющими (включая абразивные частицы) и водо-

родный показатель. Оперативный (в том числе периодический) контроль по указанным показателям позволяет, например, проводить замену масел по фактическому состоянию, что обеспечивает:

- обнаружение неисправностей в работе узлов и механизмов;
- предупреждение повышенного износа деталей;
- сокращение потребности в свежих маслах;
- функциональную диагностику технического средства.

За счет качественных технических сред и масел обеспечивается штатный режим трения в сопряженных подвижных участках и рационально используется нормируемый технический ресурс механизмов. Технически неоднородные масла из-за различного рода включений, особенно механических, становятся одной из причин технологических отклонений в процессах нормального функционирования, повышенного износа сочлененных узлов и снижения качества.

По имеющимся данным [12], преобладающими в загрязнениях сред и масел являются:

- концентрация охлаждающей жидкости, в текущих условиях по полученным пробам составляет от 0 до 3 % с максимальной вероятностью в пределах 0,5 %; в контрольной выборке 47 % не превышают установленные нормативы, а 53 % непригодны к дальнейшей эксплуатации;

- концентрация топлива, в масле составляет 60 %; по этому показателю пригодными к эксплуатации определены только 19 %;

- диспергирующе-стабилизирующая способность, по десятибалльной шкале наиболее вероятной оценкой является четверка, в контрольной выборке только 20 % оказались непригодными;

- общая загрязненность, по интегральной оценке в десять баллов наиболее вероятными были 3–5 баллов, и непригодными оказались 11 % масел;

- наличие абразивных частиц, выявлено в 5 % проб.

К числу определяющих факторов, снижающих работоспособность масел, относятся наличие топлива и охлаждающей жидкости в концентрациях, превышающих нормативные значения. Такое положение обусловлено неисправностями систем охлаждения и топливоподачи. Незначительность предельных

концентраций таких неоднородностей требует для их выявления специальных средств и технологий экспресс-диагностики.

По имеющимся данным, более чем в половине (57 %) взятых проб масел одновременно обнаружены различные неоднородности с преобладанием топлива и охлаждающей жидкости в сверхдопустимых концентрациях. Изнашиваемость деталей в таких случаях по интенсивности в 4 раза превышает те, в которых детали работают на маслах с нормированными показателями.

Оценка параметров качества масел определяется нормативно обусловленным комплексом единичных показателей. На критерий и число таких показателей влияют тип масла, условия и время производства и эксплуатации, другие факторы. Для свежих масел число таких показателей составляет 20, для специальных – 20 и более, а для непосредственно используемых при эксплуатации – 10 наименований [11]. С технологической стороны эти показатели для используемых масел служат своеобразным индикатором не только физико-технических свойств самих масел, но и эксплуатационного состояния механизмов, для смазки которых они предназначены. Так, при ненормальной работе систем охлаждения, топливоподачи или воздухоочистки в масле появляются охлаждающая жидкость, топливо и абразивные частицы, наличие которых вызывает повышенный износ трущихся поверхностей и даже аварийные ситуации.

Масло и другие технические среды стареют и загрязняются в большинстве случаев постепенно. При этом очень важен их мониторинг в работающем состоянии. Даже оперативный и экспресс-контроль отдельных выборочных показателей как базовых позволяет рационально строить информационно-преобразовательный процесс на одном или комплексе технологических признаков как источников первичной информации.

1.3. Технологические и информационные характеристики неоднородных сред и масел

В общем случае состояние и свойства неоднородных сред определяются совокупностью технологических, энергетических и информационных характеристик, и любая неоднородность яв-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
 <i>Глава 1. Неоднородная среда и технологическая информация в контроле и управлении</i>	
1.1. Разновидности сред	11
1.2. Технологическая информация, ее проявление и источники	14
1.3. Технологические и информационные характеристики неоднородных сред и масел	18
1.4. Методы и средства технологического контроля неоднородных сред.....	33
1.5. Оптико-электронные методы и средства технологического контроля неоднородных сред.....	40
1.6. Современные технологии оперативного контроля дисперсных сред.....	46
1.7. Формирование источников первичной информации в мутнометрии.....	59
 <i>Глава 2. Исследования неоднородностей среды</i>	
2.1. Текущие отклонения и характеристики неоднородностей	71
2.2. Способы формализации технологических признаков неоднородностей	87
2.3. Оптические способы оценки пространственного распределения дисперсных частиц неправильной формы	96
2.4. Исследования влияния полидисперсности среды на рассеяние излучения в динамическом режиме	100
2.5. Способ оценки характера рассеяния дисперсной среды по различному распределению частиц.....	106

Глава 3. Математическое моделирование и экспериментальные исследования процессов формирования первичной информации

3.1. Особенности световодной трансформации первичной информации в мутнометрии.....	110
3.2. Информативность спектрально-энергетического взаимодействия излучения с неоднородностями среды.....	136
3.3. Исследование влияния неоднородностей среды на информативное рассеяние частицами	146
3.4. Способы исследования структуры неоднородной среды....	161

Глава 4. Спектрально-энергетическое моделирование световодного преобразования в оптико-волоконной мутнометрии

4.1. Спектрально-энергетические особенности световодного тракта	171
4.2. Структура и схемы первичных волоконно-оптических преобразований в оптико-электронных мутномерах	177
4.3. Оптико-электронная обработка информативных излучений мутномеров	187
4.4. Метрология первичного преобразования в оптико-электронных мутномерах	193

Глава 5. Типы, конструкции и характеристики оптико-электронных мутномеров

5.1. Особенности направленной трансформации излучений оптически прозрачными средами	198
5.2. Оптическая и оптико-электронная база мутнометрии	213
5.3. Световодное согласование оптико-волоконных каналов мутномеров.....	229
5.4. Схемы и конструкции оптико-волоконных преобразователей в мутнометрии	236
5.5. Типы и конструкции оптико-электронных мутномеров.....	254
5.6. Перспектива совершенствования спектрально-энергетической мутнометрии на основе световодных технологий	264

Заключение	278
-------------------------	------------

Литература.....	280
------------------------	------------

Научное издание

Марков Алексей Петрович
Марукович Евгений Игнатьевич
Сергеев Сергей Сергеевич
Строцкий Игорь Михайлович

ОПТИКО-ВОЛОКОННАЯ МУТНОМЕТРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕД И МАСЕЛ

Редактор *Н. Т. Гавриленко*
Художественный редактор *И. Т. Мохнач*
Технический редактор *М. В. Савицкая*
Компьютерная верстка *О. Л. Смольская*

Подписано в печать 11.02.2011. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 15,12.
Усл.-изд. л. 13,3. Тираж 100 экз. Заказ 26.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом
«Беларуская навука». ЛИ 02330/0494405 от 27.03.2009.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.