|  |
| --- |
| Содержание  [Е его технических состояний.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490456) [Задачи и основные положения](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490454) [Объект технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490457) [Техническое состояние объекта (техническое состояние).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490458) [Техническая диагностика (диагностика).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490459) [Контроль технического состояния (контроль).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490460) [Контроль функционирования.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490461) [Рабочее техническое диагностирование. Рабочее диагно­стирование.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490462) [Средство технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490463) [Приспособленность объекта к диагностированию (контро­лепригодность).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490464) [Система технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния) или система диагностирования (контро­ля).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490465) [Автоматизированная система технического диагностирова­ния (контроля технического состояния) или автоматизирован­ная система диаг](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490466) [Алгоритм технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490467) [Диагностическое обеспечение.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490468) [Диагностическая модель.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490469) [Диагностический (контролируемый) параметр.](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490470) [Внешнее средство технического диагностирования (кон­троля технического состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490471) [Продолжительность технического диагностирования (кон­троля технического состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490472) [Достоверность технического диагностирования (контроля технического состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490473) [Полнота технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).](http://fs.nashaucheba.ru/docs/180/index-285572.html#490474) ... [Полное содержание](http://fs.nashaucheba.ru/navigate/180/index-285572.html) |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | |  |   **ВВЕДЕНИЕ**   *Диагноз* в переводе с греческого «диагнозис» озна­чает распознавание, определение. В медицине, напри­мер, это — определение состояния человека, а в техни­ке-определение состояния объекта технической природы. Объект, состояние которого определяется, бу­дем называть *объектом диагноза.* Диагноз представ­ляет собой процесс исследования объекта диагноза. Завершением этого исследования является получение *ре­зультата диагноза,* т. е. заключения о состоянии объекта диагноза. Характерными примерами результатов диагноза состояния технического объекта являются заклю­чения вида: объект исправен, объект неисправен, в объ­екте имеется такая-то неисправность.  *Диагностика* есть отрасль знаний, включающая в се­бя теорию и методы организации процессов диагноза, а также принципы построения средств диагноза. Когда объектами диагноза являются объекты технической при­роды, говорят о *технической диагностике.*  Чтобы более четко увидеть область, охватываемую технической диагностикой, рассмотрим три типа задач по определению состояния технических объектов.  К первому типу относятся задачи по определению со­стояния, в котором находится объект в настоящий мо­мент времени. Это - задачи диагноза. Задачами второ­го типа являются задачи по предсказанию состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени. Это - *задачи прогноза* (от греческого «прогнозис» — предвидение, предсказание). Наконец, к третьему типу относятся задачи определения состоя­ния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом. По аналогии можно говорить, что это *задачи генеза* (от греческого «генезис» - происхож­дение, возникновение, процесс образования).   Задачи первого типа формально следует отнести к технической диагностике, а второго типа — к *техниче­ской прогностике* (или, как чаще говорят, к техническо­му ^прогнозированию). Тогда отрасль знания, которая должна заниматься решением задач третьего типа, есте­ственно назвать *технической генетикой* (по гречески термин «генетикос» означает «относящийся к рождению, происхождению»).  Задачи технической генетики возникают, например, в связи с расследованием аварий и их причин, когда настоящее состояние объекта отличается от состояния, в котором он оказался в прошлом в результате появле­ния первопричины, вызвавшей аварию. Решаются эти задачи путем определения возможных или вероятных предыстории, ведущих в настоящее состояние объекта. К задачам технической прогностики относятся, напри­мер, задачи, связанные с определением срока службы объекта или с назначением периодичности его профи­лактических, проверок и ремонтов. Решаются эти задачи путем определения возможных или вероятных эволюции состояния объекта, начинающихся в настоящий момент времени.  Таким образом, знание состояния в настоящий мо­мент времени является обязательным как для генеза, так и для прогноза. Поэтому техническая диагностика представляет собой основу технической генетики и тех­ничеcкой прогностики, и естественно, что последние раз­виваются в тесной связи с первой.  Усиление интереса к технической диагностике в по­следние годы объясняется созданием и применением в народном хозяйстве все более сложных изделий, устройств и систем (объектов) при непрерывном увели­чении темпов их производства, росте интенсивности их использования и повышении требований к их надежно­сти. В этих условиях интуитивные методы и ручные способы определения состояния сложных объектов ока­зываются малоэффективными или даже непригодными.  В «жизни» любого объекта всегда можно выделить два этапа: *этап производства,* когда объект создается, и *этап эксплуатации,* когда объект применяется по на­значению (выполняет предписанный ему рабочий алго­ритм функционирования), подвергается профилактиче­ским проверкам, проверкам перед применением или по­сле применения, ремонту и т. п. Иногда целесообразно выделять в качестве самостоятельного также *этап хра­нения* объекта или пребывания его в резерве.  Для любого объекта на каждом этапе его жизни за­даются определенные технические требования. Жела­тельно, чтобы объект всегда соответствовал этим требо­ваниям. Однако в объекте могут возникать неисправно­сти, нарушающие указанное соответствие. Тогда задача состоит в том, чтобы создать первоначально (на этапе производства) или восстановить нарушенное неисправ­ностью (на этапах эксплуатации или хранения) соответ­ствие объекта техническим требованиям. Решение этой задачи невозможно без эпизодического или непрерыв­ного диагноза состояния объекта.  Во многих случаях необходимо убеждаться в том, что объект исправен, т. е. в нем нет ни одной неисправ­ности. Это - *проверка исправности* объекта. На этапе производства, например, проверка исправности позволя­ет узнать, содержит ли созданный объект дефектные компоненты (детали, элементы, блоки, узлы и т. п.), а их монтаж — ошибки. Заметим, что проверка исправ­ности лежит в основе деятельности производственных отделов технического контроля. В условиях ремонта про­верка исправности позволяет убедиться, действительно ли устранены при ремонте все имевшиеся в объекте неисправности, а в условиях хранения — не возникли ли какие-либо неисправности за время хранения объекта.  На этапе эксплуатации при профилактике объекта, перед применением его по назначению или после такого применения в ряде случаев необходимо убеждаться в том, что объект в состоянии выполнять все функции, предусмотренные его рабочим алгоритмом функциони­рования. Это — *проверка работоспособности* объекта. Проверка работоспособности может быть менее полной, чем проверка исправности, т. е. может оставлять необ­наруженными неисправности, не препятствующие при­менению объекта по назначению. Например, резервиро­ванный объект может быть работоспособным несмотря на наличие неисправностей в резервных компонентах или связях.  На этапе эксплуатации в процессе выполнения объ­ектом его рабочего алгоритма функционирования часто необходимо осуществлять *проверку правильности функ­ционирования* объекта, т. е. следить за тем, не появи­лись ли в объекте неисправности, нарушающие его нормальную работу в настоящий момент времени. Провер­ка правильности функционирования дает возможность исключить недопустимое для нормальной работы объек­та влияние неисправностей, возникающих в процессе применения объекта по назначению. Проверка правиль­ности функционирования, вообще говоря, менее полна, чем проверка работоспособности, так как позволяет убеждаться только в том, что объект правильно функ­ционирует в *данном* режиме работы в *данный* момент времени. Иными словами, в правильно функционирую­щем объекте могут быть неисправности, которые не по­зволят ему правильно работать в других режимах. Ра­ботоспособный объект будет правильно функциониро­вать во всех режимах и в течение всего времени его работы. Таким образом, исправный объект всегда рабо­тоспособен и функционирует правильно, а неправильно функционирующий объект всегда неработоспособен и неисправен. Правильно функционирующий объект может быть неработоспособным, и значит, неисправным. Рабо­тоспособный объект также может быть неисправным.  Одной из важнейших задач диагноза состояния объ­екта является *поиск неисправностей,* т. е. указание мест и, возможно, причин возникновения имеющихся в объ­екте неисправностей. Поиск неисправностей необходим для выявления и замены дефектных компонент или свя­зей объекта, для устранения ошибок монтажа и т. п. После устранения неисправности объект становится исправным, работоспособным или правильно функцио­нирующим. Поиск неисправностей является существен­ной составляющей деятельности служб наладки на этапе производства и ремонтных служб на этапах эксплуата­ции или хранения объектов.  Исправное и все неисправные состояния объекта об­разуют множество *^ Е* его *технических состояний.* Задачи проверки исправности, проверки работоспособности, про­верки правильности функционирования и поиска не­исправностей представляют собой частные случаи об­щей задачи *диагноза технического состояния* объекта.  На рис. В-1 множество технических состояний объ­екта диагноза условно ограничено замкнутой кривой, причем исправное состояние обозначено малым круж­ком, а неисправные состояния - крестиками. Результа­тами проверки исправности (рис. В-1, *а*), проверки рабо­тоспособности (рис. В-1, *б*) и проверки правильности функционирования (рис. В-1, *в*) является получение двух подмножеств технических состояний. Одно из них (ле­вое на рис. В-1) содержит либо только исправное со­стояние (при проверке исправности), либо кроме исправного состояния также те неисправные состояния, находясь в которых объект остается работоспособным или правильно функционирующим. Второе подмножество содержит либо все неисправные состояния (при про­верке исправности), либо такие, пребывание в которых делает объект неработоспособным или неправильно функционирующим. Результатами поиска неисправно­стей (рис. В-1, *г*, *д*, *е)* являются разбиения на классы не различаемых между собой неисправных состояний вторых подмножеств. Число классов и, следовательно, числа входящих в них неисправных состояний (мощно­сти классов) определяют достигаемую при поиске сте­пень детализации мест и состава имеющихся (или по­дозреваемых на наличие) в объекте неисправностей. Эту степень детализации принято называть *глубиной поиска* или *глубиной диагноза.*  http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_59814160.png   Рис. В-1. Представление задач диагноза через разбиения множества технических состояний объекта.   Заметим, что при проверке правильности функцио­нирования и при поиске неисправностей, нарушающих правильное функционирование объекта, разбиения от­носятся к определенному (настоящему) моменту времени и поэтому могут быть разными для разных моментов времени и разных режимов работы объекта.  Диагноз технического состояния объекта осуществ­ляется при помощи тех или иных *средств диагноза.* Вза­имодействующие между собой объект и средства диаг­ноза образуют *систему диагноза.* Протекающий и в систе­ме диагноза процесс в общем случае представляет собой многократную подачу на объект определенных воздей­ствий (входных сигналов) и многократное измерение и анализ ответов (выходных сигналов) объекта на эти воздействия. Воздействия на объект либо поступают от средств диагноза, либо являются внешними (по отно­шению к системе диагноза) сигналами, определяемыми рабочим алгоритмом функционирования объекта. Изме­рение и анализ ответов объекта всегда осуществляются средствами диагноза.  Будем различать *системы тестового диагноза,* отли­чительная особенность которых состоит в возможности подачи на объект диагноза специально организуемых *(тестовых)* воздействий от средств диагноза, и *системы функционального диагноза,* в которых подача воздейст­вий на объект от средств диагноза не производится (по­ступают только рабочие воздействия, предусмотренные рабочим алгоритмом функционирования объекта). Си­стемы тестового диагноза обычно решают задачи про­верки исправности, проверки работоспособности и по­иска неисправностей (всех или только нарушающих работоспособность) и работают тогда, когда объект не применяется по прямому назначению. Использование систем тестового диагноза при работающем объекте также возможно, но при этом тестовые воздействия мо­гут быть только такими, которые не мешают нормаль­ному функционированию объекта. Системы < функцио­нального диагноза используются, как правило, для решения задач проверки правильности функционирования и поиска неисправностей, нарушающих нормальное функционирование. Эти системы работают обычно тог­да, когда объект применяется по назначению. В про­тивном случае требуется имитация условий функционирования объекта (в частности, имитация рабочих воз­действий).  Процесс диагноза может состоять из отдельных ча­стей, каждая из которых характеризуется поддаваемым на объект тестовым или рабочим воздействием и снимаемым с объекта ответом. Будем называть такие части *элементарными проверками* объекта. *Результатом эле­ментарной проверки* является полученное при ее реали­зации значение ответа объекта. Тогда формальное опи­сание процесса диагноза, т. е. *алгоритм диагноза* тех­нического состояния объекта, представляет собой безусловную или условную последовательность элемен­тарных проверок и правил анализа результатов по­следних.  Процесс диагноза можно рассматривать как специ­фический процесс управления, целью которого является определение технического состояния объекта. Это хо­рошо согласуется с современным пониманием управле­ния как процесса осуществления целенаправленных управляющих воздействий на управляемый объект, а кроме того, четко определяет предмет исследований и задачи технической диагностики с позиций общей тео­рии управления и контроля.  Основная цель технической диагностики состоит в организации эффективных процессов диагноза техни­ческого состояния сложных объектов.  Одним из факторов, существенно влияющих на эф­фективность процесса диагноза, является качество алго­ритмов диагноза.  Возможность оптимизации алгоритмов диагноза определяется следующими обстоятельствами. Число элементарных проверок, достаточных для решения кон­кретной задачи диагноза, как правило, меньше числа всех *допустимых* (т. е. физически возможных и реали­зуемых) элементарных проверок данного объекта. Раз­ные элементарные проверки могут требовать разных затрат на их реализацию и давать разную информацию о техническом состоянии объекта. Кроме того, одни и те же элементарные проверки могут быть реализованы в различных последовательностях.  Поэтому для решения одной и той же задачи диагно­за (например, для проверки исправности) можно по­строить несколько алгоритмов диагноза, различающихся между собой либо составом элементарных проверок, либо последовательностью их реализации, либо, нако­нец, тем и другим вместе, и поэтому, возможно, требую­щих разных затрат на их реализацию.  Необходимость увеличения производительности тру­да на операциях диагноза, сокращения времени обнаружения, поиска и устранения неисправностей, умень­шения объемов и сложности средств диагноза вызывает интерес к разработке методов построения опти­мальных алгоритмов диагноза, требующих минималь­ных затрат на их реализацию. Построение оптимальных алгоритмов во многих случаях сопряжено с большими вычислительными трудностями, и поэтому зачастую удовлетворяются оптимизированными алгоритмами ди­агноза, затраты на реализацию которых как-то умень­шены, но не обязательно минимальны.  Интуитивные методы построения алгоритмов диагно­за не могут гарантировать получения объективного за­ключения о действительном техническом состоянии объекта. Кроме того, при интуитивном подходе алгорит­мы диагноза могут содержать избыточные элементар­ные проверки, последовательность реализации которых может быть далекой от оптимальной, что в конечном итоге приводит к непроизводительным затратам на реа­лизацию алгоритмов в целом.  Отсюда следует необходимость разработки формаль­ных методов построения алгоритмов диагноза техниче­ского состояния объектов. Это особенно важно для сложных объектов, насчитывающих десятки, сотни и тысячи функционально и конструктивно взаимосвязан­ных компонент и зачастую требующих многих часов для обнаружения и поиска неисправностей интуитивны­ми способами. Применение формальных методов, кроме того, позволяет автоматизировать процессы построения алгоритмов диагноза при помощи вычислительных средств.  Эффективность процессов диагноза определяется не только качеством алгоритмов диагноза, но и в не мень­шей степени качеством средств диагноза. Последние могут быть аппаратурными или программными, внеш­ними или встроенными, ручными, автоматизированными или автоматическими, специализирован-ными или уни­версальными.  Наличие объективных статистических данных о ве­роятностях возникновения неисправностей, а также о средних затратах на обнаружение, поиск и устранение неисправностей, расширяет возможности эффективной организации процессов диагноза. Сбор таких данных требует применения надежно работающих внешних и встроенных аппаратурных средств диагноза, обеспечивающих высокую точность измерений и автоматическое документирование данных. При этом будет гарантиро­вана достоверность результатов диагноза, сведено к минимуму влияние субъективных факторов и упроще­на статистическая обработка результатов.  Эффективная организация процессов диагноза техни­ческого состояния сложных объектов на всех этапах их жизни требует совместного применения систем функ­ционального и тестового диагноза.  Без систем тестового диагноза невозможно обойтись на этапе изготовления и при ремонте объектов диагно­за. На этапе эксплуатации положительный результат тестовой проверки исправности или работоспособности объекта, полученный непосредственно перед примене­нием объекта по назначению, повышает вероятность успешного выполнения объектом возложенных на него функций. Во всяком случае, в указанных условиях эта вероятность выше, чем тогда, когда тестовая проверка исправности или работоспособности объекта не прово­дится.  Системы функционального диагноза дают возмож­ность немедленно реагировать на нарушение правильно­сти функционирования объекта и тем самым путем за­мены отказавших узлов, включения резерва, повторного выполнения операций, перехода на другой режим функ­ционирования и т. п. во многих случаях позволяют обес­печить нормальное или хотя бы частичное, (т. е. с по­терей качества) выполнение объектом возложенных) на него функций даже при наличии неисправностей в нем.  В настоящее время в большинстве случаев проекти­рование сложных объектов ведется без должного учета того, как они будут проверяться и налаживаться в усло­виях производства или ремонта, как будут организова­ны проверка работоспособности, правильности функцио­нирования и поиск неисправностей в условиях их эксплуатации или хранения. Недооценка важности свое­временной (на этапе проектирования объектов) и глу­бокой проработки вопросов организации эффективных процедур диагноза, в том числе автоматизации поиска неисправностей сложных объектов, ведет к непроизводи­тельным материальным затратам, затратам времени и квалифицированной рабочей силы при наладке, профи­лактике и ремонте.  Среди объективных причин такого положения следу­ет назвать недостаточное развитие теории и методов технической диагностики, слабую проработку принципов построения технических средств диагноза, а также от­сутствие налаженного производства таких средств. Су­щественным является также психологический фактор, состоящий в том, что почти все разработчики считают творческим, созидательным делом непосредственно раз­работку объектов (изделий, устройств, агрегатов, си­стем), выполняющих заданные им функции, и не при­дают должного значения вопросам организации налад­ки, профилактики и ремонта проектируемых объектов. Усугубляется это обстоятельство тем, что обязательная проработка этих вопросов пока не всегда регламенти­руется официальными требованиями к проектам новых объектов. Все это приводит к тому, что часто сложные объекты оказываются без хорошо организованных си­стем проверки 'правильности их функционирования, не говоря уже о системах поиска неисправностей в усло­виях применения по назначению. Задачи проверки исправности, проверки работоспособности и поиска не­исправностей в условиях изготовления, профилактики, ремонта и хранения во многих случаях вынужденно решаются после того, как объект уже спроектирован или даже выполнен «в металле». Такой подход не позволяет своевременно учесть те изменения и дополнения, кото­рые целесообразно внести в объект для того, чтобы обеспечить простоту и удобство диагноза его техниче­ского состояния на всех этапах жизни. При существую­щем положении заботы по созданию средств диагноза в значительной степени ложатся на изготовителей, экс­плуатационников и ремонтников. Создаваемые ими средства, как правило, являются специализированными со всеми присущими «приставной автоматике» не­достатками. Затраты на разработку и создание та­ких средств велики, а эффективность применения низкая.  Многие из указанных недостатков будут исключе­ны, если задачи диагноза решать на этапе проектиро­вания объектов. Иначе говоря, разработку систем и средств диагноза следует считать такой же обязатель­ной и важной частью проекта нового объекта, как и разработку самого объекта или других его систем и средств управления.   **1\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **^ ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**   **ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**    **1.1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**   Анализ условий эксплуатации различного оборудования и систем промышленных объектов указывает на наличие естест­венных факторов, оказывающих разрушающее воздействие на элементы оборудования. К ним относятся механический и гид­роабразивный износ, молекулярно-механическое изнашивание, коррозия и эрозия, объемное или упругое деформирование ма­териала, образование, микротрещин в результате усталости мате­риала, релаксация и деструкция металлов. Дополнительно к этому имеются субъективные факторы, способствующие уско­ренному выходу из строя отдельных деталей и узлов. Это нека­чественное изготовление и монтаж оборудования, работа с на­грузками выше допустимых, несоблюдение технологии техниче­ского обслуживания и ремонта.  Своевременное обнаружение неисправностей и развивающих­ся дефектов из-за влияния указанных факторов возможно на основе методов технической диагностики. Она также изучает признаки дефектов, методы и средства, при помощи которых устанавливается диагноз, т.е. делается заключение о причине возникновения и месторасположения дефекта.  Техническое состояние оборудования и систем НПС можно характеризовать с помощью показателей надежности оборудова­ния в целом, а также надежности ее деталей и узлов. Оценить показатели надежности можно с помощью теории надежности. Выводы этой теории имеют статистический характер, т.е. значи­мы лишь с определенной вероятностью, что предопределило появление проблемы достаточной статистической достоверности. Техническая диагностика создает предпосылки для организации оптимальной работы оборудования НПС и в значительной сте­пени компенсирует недостаточную достоверность выводов тео­рии надежности. Кроме того, техническая диагностика помогает рационально управлять производственными процессами пере­качки нефти по трубопроводу.  Согласно ГОСТ 20911-89 [34] устанавливаются следующие термины и определения основных понятий в области техниче­ского диагностирования и контроля технического состояния объ­ектов.  **^ Объект технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).** Изделие и (или) его составные части, под­лежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю).  **^ Техническое состояние объекта (техническое состояние).** Состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значения­ми параметров, установленных технической документацией на объект.  **^ Техническая диагностика (диагностика).** Область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения техниче­ского состояния объектов.  **Техническое диагностирование (диагностирование).** Опре­деление технического состояния объекта.  П р и м е ч а н и я:  1. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния;  поиск места и определение причин отказа (неисправности); прогнозирование технического состояния.  2. Термин «Техническое диагностирование» применяют в на­именованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной зада­чей является поиск места и определение причин отказа (неис­правности).  Термин «Контроль технического состояния» применяется, ко­гда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.  **^ Контроль технического состояния (контроль).** Проверка соответствия значений параметров объекта требованиям техниче­ской документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент вре­мени.  П р и м е ч а н и е. Видами технического состояния являются, например, исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное и т.п. в зависимости от значений параметров в данный момент времени.  **^ Контроль функционирования.** Контроль выполнения объек­том части или всех свойственных ему функций.  **Прогнозирование технического состояния.** Определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.  Примечание. Целью прогнозирования технического со­стояния может быть определение с заданной вероятностью ин­тервала времени (ресурса), в течение которого сохранится рабо­тоспособное (исправное) состояние объекта или вероятности со­хранения работоспособного (исправного) состояния объекта на заданный интервал времени.  Технический диагноз (результат контроля). Диагноз. Ре­зультат диагностирования.  **^ Рабочее техническое диагностирование. Рабочее диагно­стирование.** Диагностирование, при котором на объект подают­ся рабочие воздействия.  **Тестовое техническое диагностирование. Тестовое диагно­стирование.** Диагностирование, при котором на объект подают­ся тестовые воздействия.  **Экспресс-диагностирование.** Диагностирование по ограни­ченному числу параметров за заранее установленное время.  **^ Средство технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).** Аппаратура и программы, с помощью ко­торых осуществляется диагностирование (контроль).  **^ Приспособленность объекта к диагностированию (контро­лепригодность).** Свойство объекта, характеризующее его при­годность к проведению диагностирования (контроля) заданными средствами диагностирования (контроля).  **^ Система технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния) или система диагностирования (контро­ля).** Совокупность средств, объекта и исполнителей, необходи­мая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.  **^ Автоматизированная система технического диагностирова­ния (контроля технического состояния) или автоматизирован­ная система диагностирования (контроля).** Система диагно­стирования (контроля), обеспечивающая проведение диагности­рования (контроля) с применением средств автоматизации и участием человека.  **^ Алгоритм технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).** Совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования (контроля).  **^ Диагностическое обеспечение.** Комплекс взаимоувязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осу­ществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.  **^ Диагностическая модель.** Формализованное описание объек­та, необходимое для решения задач диагностирования.  П р и м е ч а н и е. Описание может быть представлено в анали­тической, табличной, векторной, графической и других формах.  **^ Диагностический (контролируемый) параметр.** Параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).  **Встроенное средство технического диагностирования (кон­троля технического состояния).** Средства диагностирования (контроля), являющееся составной частью объекта.  **^ Внешнее средство технического диагностирования (кон­троля технического состояния).** Средство диагностирования (контроля), выполненное конструктивно отдельно от объекта.  **^ Продолжительность технического диагностирования (кон­троля технического состояния).** Интервал времени, необходи­мый для проведения диагностирования (контроля) объекта.  **^ Достоверность технического диагностирования (контроля технического состояния).** Степень объективного соответствия результатов диагностирования (контроля) действительному тех­ническому состоянию объекта.  **^ Полнота технического диагностирования (контроля техни­ческого состояния).** 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).  Техническая диагностика базируется на общей теории распо­знавания образов и теории контролепригодности. Ее структура представлена на рис. 1.1 [14, 52].  Теория распознавания в составе технической диагностики включает разделы, связанные с построением диагностических моделей, правил принятия решений об отнесении объектов к определенным классам состояний, алгоритмов распознавания состояний.  Теория контролепригодности связана с разработкой методов и средств получения диагностической информации об объекте, проверки его состояния и поиска возникших в нем дефектов. Под контролепригодностью понимают приспособленность объекта к оценке технического состояния с заданной достоверностью при минимальных затратах труда, времени и средств.  http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_6855b7ff.gif  **Рис. 1.1. Структура технической диагностики**   В процессе диагностирования устанавливается состояние объ­екта: исправное, работоспособное, предельное. Согласно ГОСТ 27.002-89 [25] устанавливаются следующие понятия.  **^ Работоспособное состояние (работоспособность) -** состоя­ние оборудования, при котором значения всех параметров, ха­рактеризующих способность выполнять заданные функции, со­ответствуют требованиям нормативно-технической и (или) кон­структорской (проектной) документации.  **^ Неработоспособное состояние (неработоспособность) -** со­стояние оборудования, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.  **^ Исправное состояние (исправность) -** состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документа­ции.  **^ Неисправное состояние (неисправность) -** состояние объек­та, при котором он не соответствует хотя бы одному из требова­ний нормативно-технической и (или) конструкторской (проект­ной) документации.  **^ Отказ** - событие, заключающееся в нарушении работоспо­собного состояния оборудования.  **Эксплуатационный показатель надежности -** показатель на­дежности, точечная или интервальная оценка которого опреде­ляется по данным эксплуатации.  Проверка работоспособности при диагностировании является менее полной, чем проверка исправности, так как может остав­лять необнаруженными скрытые дефекты (в виде трещин, раковин и др., которые в момент оценки технического состояния объекта не препятствуют выполнению всех предписанных функ­ций). Диагностирование является одним из путей определения работ по повышению надежности оборудования. При диагности­ровании используют, в зависимости от типа объекта и решаемых задач, тестовое диагностирование и функциональное диагности­рование. При тестовом диагностировании на объект подают спе­циально организованные тестовые воздействия от средств диаг­ностики и анализируют соответствующие реакции. Это применя­ется при контроле работоспособности систем энергообеспечения, автоматики и телемеханики, отдельных исполнительных меха­низмов.  При функциональном диагностировании тестового воздейст­вия на объект от средств диагностики не производится, а вос­принимаются только рабочие воздействия от самого объекта. Например, для насоса измеряются и анализируются давления, потребляемая мощность, подача, вибрация, температура отдель­ных элементов и другие параметры, которые используются в алгоритме функционирования машины. Здесь также необходимо учитывать режим работы объекта.  При диагностировании необходимо определять количествен­ные показатели измеряемых параметров с оценкой погрешности на каждом рабочем режиме. Когда поддержание фиксированных режимов работы объекта затруднительно, диагностирование ве­дут при изменяющихся по случайному закону режиме с опреде­лением характеристик случайных функций контролируемых ве­личин.  Находясь в работоспособном состоянии, объект может быть неисправным по причине возникновения одного или нескольких дефектов. Например, при трещине в вале ротора насоса, по­следний может еще долго выполнять свои заданные функции в соответствии с нормативно-технической документацией. Поэтому дефекты подразделяют с учетом последствия отказа и анализи­руют критичность отказа (ГОСТ 27.002).  Решение о продолжении эксплуатации принимают с учетом требований безопасности и последствий отказа. Достоверная оценка последствия отказа из-за обнаруженного дефекта опреде­ляется полнотой технического диагностирования и глубиной по­иска места неисправности при выбранном методе диагностирова­ния объекта.  В зависимости от природы контролируемых параметров объ­ектов контроля различают параметрические и физические мето­ды диагностирования [17, 65]. Параметрические методы бази­руются на контроле основных выходных и входных параметров, а также внутренних параметров, характеризующих правильное или неправильное функционирование объекта.  Параметрические методы контроля работоспособности осно­ваны на измерении, соответствующем функциональном преобра­зовании результатов измерений и оценке выходных и внутрен­них параметров, объектов контроля. Эти методы обеспечивают контроль объекта как при эксплуатации, так и в нерабочем со­стоянии.  К параметрическим относятся методы контроля работоспо­собности в целом насосов, электродвигателей, а также отдель­ных элементов электроустановок и арматуры. Отдельные эле­менты электроустановок, изоляция, сопротивления, резисторы, как правило, контролируются в нерабочих состояниях объектов.  Физические методы основаны на контроле характеристик тех явлений в объекте, которые являются следствием его правильно­го или неправильного функционирования (нагрев, напряженно-деформированное состояние, магнитные, электрические поля, шумы, вибрации и т.д.).  Физические методы принято называть методами неразру­шающего контроля [17, 65]. Они основаны на использовании различных физических явлений, сопутствующих работоспособ­ным и неработоспособным состояниям объектов. Физические методы, в свою очередь, могут быть разделены также на две группы. Одна из этих групп методов используется для контроля деталей объектов при их нерабочем состоянии, а вторая - при статических режимах работы объектов контроля.  В нерабочих состояниях объекта физические методы контро­ля обеспечивают определение скрытых механических поврежде­ний и дефектов в деталях (появление скрытых сквозных и не­сквозных микротрещин, внутренних раковин и посторонних включений, надломов и т.д.). Для этих целей нашли широкое распространение магнитометрические, капиллярные, магнитные, токовихревые, ультразвуковые, радиолокационные, оптические методы.  Физические методы для контроля объектов в их рабочих со­стояниях обеспечивают выявление недопустимых износов и по­вреждений в сопряженных подвижных деталях механизмов (подшипниках, кривошипных механизмах). К таким методам относятся тепловые и акустические, методы статистической об­работки случайных колебаний выходных параметров объектов контроля.  Контроль состояния деталей механизмов неразрушающими методами называется дефектоскопическим. Как правило, такой контроль осуществляется на стадиях ремонта насосов, арматуры, электродвигателей или их деталей и узлов. При таком контроле определяют механические повреждения, зоны, в которых возни­кают эксплуатационные дефекты (микротрещины, высокие на­пряжения).  Задачи, решаемые технической диагностикой и прогнозиро­ванием, включают теоретическое и практическое направления, неразрывно взаимосвязанные друг с другом.  В теоретическом направлении осуществляется построение ло­гических моделей объектов диагностирования, отображающих логические связи между принятыми к распознаванию техниче­скими состояниями и признаками состояний объектов, а также математических моделей объектов диагностирования, которые обеспечивают формальное описание взаимосвязей между техни­ческими состояниями и их признаками. Разрабатываются при­менительно к конкретным объектам наиболее информативные методы диагностирования и прогнозирования работоспособного состояния оборудования на заданный период времени работы объекта.  На практике решение задач диагностики идет в направлении анализа функционирования объекта с учетом изменений его кон­тролируемых параметров при различных режимах и условиях эксплуатации; определения рациональных алгоритмов диагно­стирования объекта; уточнения логической и математической моделей по результатам эксплуатации; оптимального прогнози­рования сроков последующих диагностических контролей и ре­монтов; сбора и обработки статистических данных о показателях надежности; оценки затрат, связанных с проверками работоспо­собности объекта в процессе эксплуатации.  Основу функционирования автоматизированной системы ди­агностики составляют алгоритмы и программы диагностирования технического состояния насосов, электродвигателей, задвижек, органически взаимосвязанные с процессами управления техноло­гическим процессом перекачки, технического обслуживания и ремонта. При этом должно обеспечиваться решение следующих основных задач:  - оперативное диагностирование и прогнозирование техниче­ского состояния оборудования НПС для формирования опти­мальных решений в системе управления нефтепроводов;  - выработка долгосрочных рекомендаций по оптимальному техническому обслуживанию и ремонту оборудования НПС с учетом морального и физического износа;  - углубленное диагностирование для распознавания неисправ­ностей, которые не могут быть выявлены автоматизированной системой контроля рабочих параметров оборудования.    **^ 1.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**   **ОБОРУДОВАНИЯ**    Магистральный трубопроводный транспорт нефти по реше­нию стратегических и экономических задач страны является важнейшей отраслью. Надежность и экономичность эксплуатации определяется следующими факторами:  - начальным техническим состоянием используемых в техноло­гическом процессе единиц технологического оборудования, электродвигателей, средств и элементов систем автоматики и телемеханики, обору­дования регулирования давления, систем смазки, охлаждения, вентиляции и пр.;  - качеством и своевременностью проведения технического об­служивания и ремонта (ТОР) оборудования и систем;  - надежностью контролирования и достоверностью оценки тех­нического состояния оборудования и нормального функциониро­вания систем при их работе;  - оптимальной организационной структурой ремонта и техни­ческого обслуживания оборудования и систем на базе пе­редовой технологии и современных средств механизации ремон­та и контроля его качества.  Количественно надежность оценивается показателями, основ­ные из которых следующие: вероятность отказа, вероят­ность безотказной работы Р(*t*), плотность распределения нара­ботки до отказа *f(t*), и интенсивность отказов *λ*(*t*),.  Вероятность отказа описывается функцией *Q(t) = Q(ta**≤ t)*, при этом момент отказа *t*а для агрегата, детали и т.п. является случайной величиной. Поведение рассматриваемого элемента определяют два случайных события: отказ и безотказная работа. Вероятности отказа и безотказной работы взаимосвязаны сле­дующей зависимостью:   *P(t) = l - Q(t),* (1.1)   а соответствующая ей функция имеет вид *Р*(*t*) - *P(t*a *> t).* По­казатель Q(*t*) есть вероятность того, что отказ произойдет в ин­тервале (0, *t*), а Р(*t*) - вероятность отказа после момента вре­мени *t.*   Время работы до отказа является непрерывной случайной ве­личиной. Его плотность вероятности   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_67d7bfc5.gif. (1.2)   Другим важным показателем является интенсивность отказов *λ*(*t*), определяемая соотношением   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_349c798.gif(1.3)  Интенсивность отказов *λ*(*t*) так же, как показатели *Q(t*), *Р*(*t*), *f*(*t*), является характеристикой распределения вероятности отказа. С помощью каждой из этих четырех величин могут быть получены остальные три. Эта взаимосвязь представлена в табл. 1.1.  Определение надежности системы или элемента является ста­тистической задачей. При этом количественные показатели на­дежности определяются, как правило, экспериментально при обработке фактических эксплуатационных показателей оборудо­вания НПС.  Зависимость интенсивности отказов от времени для каждого конкретного оборудования имеет свой вид. Так, например, для электронных элементов системы автоматики она имеет вид, изображенный на рис. 1.2 [64]. После периода приработки *t1,* причинами отказов в котором являются главным образом производственные дефекты, начинается период нормальной ра­боты со случайными отказами, происходящими с интенсивно­стью  *=λ* const (период времени от *t1* до *t2).* Следующий период эксплуатации характеризуется более интенсивным износом и усталост -  ными повреждениями и вызывает рост числа отказов *(t >* t2).   Таблица 1.1  **^ Взаимосвязь между показателями надежности**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Показатель  надежности | *Q*(*t*) | *Р*(*t*) | *f*(*t*) | (λ*t*) | | Q(*t*)   *P*(*t*)   *f*(*t*)   (λ*t*) | Q(*t*)   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_722fe98c.gif   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_5d08d3fd.gif   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m7ca91ee1.gif | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_mda9ff61.gif   *P*(*t*)   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_78154504.gif   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m1d091d1b.gif | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_6f990bbb.gif   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m2d0bee4f.gif   *f(t*)   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_3c5b14ae.gif | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_2796eb0c.gif   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_3c21ea8e.gif  http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m5cdf690a.gif   (λ*t*) |      |  |  | | --- | --- | | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m394b7bd4.png | **Рис. 1.2. Зависи­мость интенсивности отказов от времени для электронных эле­ментов** |   В механическом оборудовании, как правило, имеет место другой характер зависимости интенсивности отказов от наработ­ки (рис. 1.3).   |  |  | | --- | --- | | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m40f222bf.png | **Рис. 1.3. Зависимость интенсивности отказов от наработки для меха­нического оборудования [**(λ*t*≠)**const]** |   Анализ надежности оборудования НПС, имеющих различные распределения случайных величин, проводится на основе одно­значной зависимости характера распределения от конкретного вида рассматриваемого объекта. Применительно к оборудованию НПС основную роль в определении надежности имеют распре­деления Вейбулла и экспоненциальное (рис. 1.4). Табл. 1.2 по­казывает, что по http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m53d4ecad.gif*(t)λ* однозначно можно получить показатели *Q* (*t*), *Р*(*t*), *f(t)* [4].   |  |  | | --- | --- | | **Рис. 1.4. Распределе­ние вероятности безот­казной работы** | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m644b544f.png |   При определении среднего ресурса или среднего срока служ­бы пользуются выражением  http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_7c501812.gif(1.4)   Когда *λ*(*t*) = const, т.е. *P(t)* = *e* *-*λt, получим   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_m62c64a9e.gif(1.5)   На примере, представленном в работе [64], рассмотрим ха­рактер изменения функции надежности водяного насоса. Вероятность безотказной работы *Р* в течение определенного времени *t* выражается функцией надежности *P(t).* Оценки параметров этой функции получают с помощью выборки из генеральной со­вокупности элементов. Чтобы обеспечить требуемую вероятность безотказной работы, например насоса, до момента времени *ti* в соответствии с функцией, изображенной на рис. 1.5, может ока­заться необходимым провести профилактические работы для поддержания его в исправном состоянии.   Таблица 1.2  **^ Показатели надежности при распределении Вейбулла и экспоненциальном распределении (для экспоненциального распределения параметр формы a = 1)**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | Вид распределения | *Q*(*t*) | *P*(*t*) | *f*(*t*) | (λ*t*) | | Вейбулла Экспоненциальное | λ1-exp(-*tα*)  λ1-exp(-*t*) | λexp(-*tα*)  λexp(-*t*) | αλ*tα-1*λexp(-*tα*)  λexp(-λ*t*) | αλ-*tα-1*  λ |      |  |  | | --- | --- | | **Рис. 1.5. Функция на­дежности водяного насо­са агрегата охлаждения** | http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_17df3108.png |   Чем больше для момента времени *t1* дисперсия плотности ве­роятности *Р*(*t*), тем шире при выбранной статистической досто­верности доверительный интервал *РΔ* (рис. 1.6). Однако чем шире доверительный интервал, тем больше может быть расхож­дение между статистически предсказанным временем безотказ­ной работы и реальной наработкой на отказ конкретного техни­ческого устройства. Если функция надежности данного изделия располагается выше статистически усредненной зависимости, то профилактические работы в момент времени *t\* будут прежде­временными. Если конкретная функция надежности лежит ни­же, то отказ может произойти перед проведением профилакти­ческих работ. В противоположность такому положению обследо­вание состояния машины с помощью методов и средств техниче­ской диагностики позволяет определить оптимальный момент времени для проведения мероприятий по поддержанию исправ­ности или оптимального режима работы.  Используемая на сегодня в магистральном транспорте нефти система планово-предупредительного ремонта (ППР) насосных агрегатов с использованием среднестатистических показателей надежности и экономичности сдерживает пути дальнейшего снижения удельного расхода электроэнергии на перекачку неф­ти и сокращения трудоемкости и численности обслуживающего и ремонтного персонала. Поэтому с учетом дефицита трудовых и энергетических ресурсов, необходимости обеспечения высокой   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_6a5fc8ca.png  **^ Рис. 1.6. Распределение плотности вероятности и доверительный интервал надежности**   надежности функционирования нефтепровода особенно актуаль­ным является решение проблемы разработки такой системы тех­нического обслуживания и ремонта, которая позволила бы наи­более полно и рационально учесть ресурс и технические воз­можности каждого отдельно взятого агрегата или элемента сис­темы, исходя из индивидуальных свойств и состояния его в лю­бой момент времени.  Такая структура ТОР, базирующаяся на фактическом техни­ческом состоянии оборудования, может быть создана на базе системы диагностики с использованием специализированных средств и особых методов оценки работоспособности и прогно­зирования ресурса всех основных элементов НПС. Глубина по­иска неисправностей и необходимая достоверность информации о техническом состоянии объекта должна базироваться на фак­тических показателях надежности и строится с учетом функцио­нирования двух принципиально различных типов систем: с из­быточностью (резервированием) и без избыточности. Критерия­ми, определяющими время и момент проведения диагностирова­ния, являются: законы распределения плотности вероятности и доверительный интервал надежности, технико-экономические факторы реализации методов диагностирования, достоверность и глубина поиска дефекта, фактически отработанное время обору­дования и режимы его эксплуатации. Исходя из этого, часть оборудования и системы должны предусматривать непрерывное проведение технического диагностирования (например, основные и подпорные насосные агрегаты с определенным законом и цик­лом сбора данных о параметрах их работы) и прерывистое, с устанавливаемыми моментами проверок (как правило, при тех­обслуживании или ремонте изделий). К последнему относится диагностирование элементов энергооборудования (переключате­ли, пускатели реле и пр.); системы автоматики и телемеханики (первичные преобразователи измерения и контроля параметров работы оборудования, усилители и согласователи, датчики уте­чек и загазованности, измерительные каналы и др.); вспомога­тельных систем, вентиляторов и маслонасосов (параметры охла­дителей, качество масла и пр.); запорно-регулирующей армату­ры. В то же время, развитие современных информационно-измерительных систем позволяет в реальном времени оценивать работоспособность указанных оборудования и систем.  В настоящее время в отрасли наряду с методами диагности­рования на базе портативных приборов получает развитие ста­ционарная система диагностики как подсистема АСУ, охваты­вающая комплекс взаимосвязанных задач по созданию и реали­зации вибродиагностики, параметрической диагностики, определению фактических показателей надежности, планированию ТОР и др. [16].   та (ТОР) оборудования и их самостоятельное рассмотрение не позволит в полной мере решить задачи создания надежных дис­танционно управляемых автоматизированных НПС [16]. При использовании методов диагностики, сочетающих систему ма­тематического обеспечения и аппаратурной части, система ТОР базируется на текущем техническом состоянии оборудования. Стратегия технического обслуживания, ориентированная на со­стояние машины, должна обеспечивать:  - остановку насосного агрегата или отключение тех или иных систем только при необходимости, т.е. если состояние объекта этого требует, исходя из предотвращения аварийной ситуации или экономической целесообразности;  - замену узлов, деталей отдельных изделий при достижении фазы износа или отклонении рабочих параметров за допустимые пределы;  - регулировку элементов, восстановление деталей и рабочих параметров, если возможно (например, напор и КПД насоса), балансировку роторов, центровку машины;  - определение элемента машины или системы, лимитирующих время между их обслуживанием или ремонтом, выдачи рекомен­даций по повышению надежности такого элемента;  - объективный контроль качества выполнения ремонта, монта­жа, регулировок.   http://fs.nashaucheba.ru/tw_files2/urls_2/286/d-285572/285572_html_1f5b3872.png   **Рис. 1.8. График затрат на ремонт или техобслуживание объекта при экс­плуатации**   При этом рассматривается не только мгновенное состояние объекта, но и тренд измеряемых величин, по которому прогно­зируется время наработки до ремонта или очередной проверки контролируемых параметров. Минимум затрат на выполнение ТОР будет иметь место, если определена оптимальная перио­дичность обслуживания и ремонта объектов (рис. 1.8). По дан­ным фирмы Штерцик (Германия) при такой стратегии опреде­ления интервала проведения ТОР затраты на его осуществление составят 2-6% от затрат на восстановление работоспособности объекта после его отказа. |

**Диагностика**

**Основные понятия и термины**

*Техническая диагностика -* область знании, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объекта.

*Объект технического диагностирования -* изделие и (или) его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностиро­ванию.

*Приспособленность объекта к диагностированию -* свойст­во объекта, характеризующее его пригодность к проведению ди­агностирования заданными средствами диагностирования.

С*редство технического диагностирования -* аппаратура и программы, с помощью которых осуществляется диагностирова­ние.

Следует иметь в виду, что понятия "техническая диагности­ка" и "техническое диагностирование" не идентичны:

*техническое диагностирование -* определение технического состояния объекта.

*Техническое состояние объекта -* состояние, которое харак­теризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установлен­ных технической документацией на объект.

Термин "техническое диагностирование" применяют в оп­ределениях понятий, когда основной задачей является поиск мес­та и анализ причин отказа. Основное назначение диагностирова­ния состоит в повышении надежности объектов за счет эффек­тивной проверки работоспособности и правильности функциони­рования, а также прогнозирования технического состояния.

В основе решения диагностических задач лежит, прежде всего, оптимальный выбор физического явления, дающего наи­более объективную информацию о параметре диагностирования:

*диагностический параметр -* параметр объекта, используе­мый при его диагностировании.

Важнейшей проблемой становится не фиксация дефекта как возникающего отклонения от нормирующего параметра, а иссле­дование и регистрация физических и других эффектов, предше­ствующих времени перехода материала или изделия в "дефектное" состояние.

Для условий эксплуатации важным является понятие исправного технического состояния объекта. Правильно функционирующим является объект, значения параметров которого в момент применения объекта по назначению находятся в требуемых пределах.

Обнаружение и поиск дефектов являются процессами опре­деления технического состояния объекта и объединяются общим термином "диагностирования". Результатом диагностирования является заключение о техническом состоянии объекта - *техни­ческий диагноз.*

Диагностирование технического состояния объекта прово­дится с помощью технических средств диагностики. Средства могут быть аппаратурными или программными; в качестве средств диагностирования может также выступать непосредст­венно оператор или наладчик.

*Диагностическое обеспечение -* комплекс взаимоувязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта. Это позволяет повышать достоверность правильного функционирования объектов и увеличить срок их службы.

**СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

*Система технического диагностирования -* совокупность средств объекта и исполнителей, необходимых для проведения диагностирования по правилам, установленным в технической документации.

Различают системы **тестового и функционального диагно­стирования:**

системы первого вида - системы управления, применяемые при изготовлении объектов, на которые подаются специально ор­ганизуемые целенаправленные тестовые воздействия;

системы второго вида - типичные системы контроля, кото­рые работают в процессе применения объекта по назначению при поступлении только рабочих воздействий.

В зависимости от назначения сложных комплексных техни­ческих устройств диагностированию подвергают как основное изделие, включая конструкцию и её составляющие (встроенные системы), так и состояние функционально объединённых ком­плектующих (внешние системы). Основные функции систем ди­агностирования технических изделий приведены в таблице 7.

ТАБЛИЦА 7 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Область  применения | Системы диагностирования | | |
| Встроенные | Мобильные | Стационарные |
| Изготовление | + | + | (+) |
| Выявление дефектов конструкции |
| Контроль функцио-  нирования | (+) | - | - |
| Защита от аварий | (+) | - | - |
| Эксплуатация |  | - | - |
| Адаптация к измене-  нию технологии | (+) |
| Адаптация к измене-  нию внешней среды |  | | - |
| + - | | - |
| Обнаружение неис-  правных элементов | + | + | - |
| Контроль параметров | + | + | - |
| Регулировка по ди-  намическимпарамет | + | (+) | - |
| рам |
| Накопление данных о  параметрах и видах отказа | (+) | + | - |
| Прогнозирование | + | (+) | - |
| Потребление |  |  |  |
| Контроль качества | + | + | - |

Примечание. Знак «+» соответствует примечанию системы;

знак «(+)» - предпочтительному применению;

знак «--» - отсутствию применения системы диагностирования.

Для количественной и качественной оценки свойств систем технического диагностирования применяют следующие характе­ристики и показатели качества:

1. оперативность характеризует возможность своевременного и обоснованного выбора управляющих воздействий в про­цессе функционирования системы с целью учёта изменений в ситуации;
2. гибкость - определяет возможность системы перепрограммирования на различные условия и режимы работы;
3. мобильность определяет быстроту перестройки системы  
   с изменением состояния внешней среды;
4. живучесть - характеризует возможность временного продолжения функционирования в случае повреждения отдельных деталей и узлов.

К диагностическим системам приемлемы общие принципы системного анализа:

принцип целеобусловленности создания системы (совокуп­ности технических средств и обслуживающего персонала);

принцип относительности (совокупность элементов систе­мы, рассматриваемая как часть большей системы);

принцип управляемости (определения возможности изменения структуры системы и иерархичности её построения);

принцип модулируемости (обеспечение возможности про­гнозирования состояния объекта, диагностирования или развития самой системы).

При разработке систем диагностирования должны решаться задачи изучения объекта, его возможных дефектов и признаков проявления, выбора или построения модели поведения исправно­го объекта и его неисправных модификаций.

Изучение объектов предусматривает их классификацию но различным признакам, например, по характеру изменения значе­ний параметров и по условиям работы. Анализ характера работы объектов осуществляется построением диагностической модели:

*диагностическая модель* - формализованное описание объ­екта, необходимое для решения задач диагностирования. Описа­ние объекта может быть представлено в аналитической, таблич­ной, векторной, графической и других формах.

Формализованные модели объектов диагностирования мо­гут быть явными или неявными, функциональными или струк­турными, детерминированными или вероятностными:

1. функциональные модели отражают выполняющие функции, определённые относительно рабочих входов и выходов объ­екта, и позволяют решать задачи проверки работоспособности;
2. структурные модели содержат информацию о внутренней  
   организации объекта и его структуры, а также включают проверки исправности и поиска дефектов.

Параметры технического состояния объекта, которые кон­тролируются в процессе диагностирования, делятся на:

выходные - непосредственно характеризуют работоспособность и связаны с целевым назначением объекта, а также, могут служить для его характеристик качества;

косвенные - функционально и стохастически связаны с вы­ходными параметрами, характеризующими возможность их оценки в процессе работы.

При разработке систем диагностирования следует учитывать технические характеристики, изменяющиеся во времени до ско­рости протекания различных процессов:

изме­ряемую долями секунды, и заканчиваются в пределах цикла ра­боты;

процессы средней скорости протекают за время непрерыв­ной работы объекта и приводят к изменению исходных парамет­ров;

медленные процессы развиваются в период непрерывной работы и приводят к постепенному изменению начальных пара­метров.

Модели объектов диагностирования с учётом параметров технического состояния необходимы для построения алгоритмов диагностирования формализованными методами, исходя из задач диагностирования.

Задачи диагностирования разделяются на следующие:

задачи технической генетики определение технического состояния объема к некоторый момент в прошлом;

задачи технической диагностики определения техническо­го состояния объекта в текущий момент времени;

задачи технической прогностики - предсказание техниче­ского состояния объекта в некоторый будущий момент времени.

Для решения той или иной задачи диагностирования можно построить несколько алгоритмов, различающихся либо составом элементарных проверок, либо последовательностью их реализа­ции.

*Алгоритм технического диагностирования -* совокупность предписания, определяющих последовательность действий при проведении диагностирования.

Выбор совокупности элементарных проверок зависит от за­дач определения технического состояния объекта:

алгоритм проверки - установление факта наличия дефектов, нарушающих правильность функционирования объекта и приво­дящих к появлению отказов;

алгоритм поиска дефекта - определение характера и местоположения возникновения отказа при подаче предусмотренных назначению рабочих воздействий.

Для обнаружения и регистрации отказов, выявления закономерностей их развития и причин возникновения, применяются различные методы диагностирования:

метод временных интервалов - сравнение эксперименталь­но-определённых временных интервалов циклограммы объекта с их нормами, что даёт возможность локализации места неисправ­ности;

метод эталонных модулей - сравнение экспериментально-определенных и расчётных значений параметров объекта и пока­зателей качества с их паспортными данными;

программный метод испытаний - опенка качества объекта по его выходным параметрам во всём диапазоне условий с учё­том вероятностной природы внешних воздействий.

Разработка методов построения оптимальных алгоритмов, требующих минимальных затрат на их реализацию, зависит от объёма и сложности средств диагностировании. Различают аппа­ратные или программные, внешние или встроенные, ручные или универсальные средства для проведения диагностирования.

Средства диагностирования должны быть обеспечены как датчиками (внутренней и внешней информации), построенными на основе различных физических явлений, так и компьютерами с использованием встроенных вычислительных устройств для об­работки диагностической информации.

Концепция повышения надёжности изделий базируется на четырёх положениях:

бездефектность - отсутствие скрытых дефектов надёжности (в отличие от дефектов качества), не влияющих на качество изде­лий, но вызывающих отказ при эксплуатации или хранении;

воспроизводимость - степень физической повторяемости и взаимозаменяемости по всем значениям параметров, свойств и характеристик материалов, деталей, узлов, технологических про­цессов и готовых изделий;

стабильность - сохранение заданных или начальных свойств и характеристик воспроизводимости при эксплуатации и хранении;

устойчивость - предел внешних нарастающих силовых или энергетических воздействий на изделие в целом иди на его функ­циональные элементы, при превышении которых возникают не­обратимые изменения, вызывающие отказ.

Для выявления соответствия приборов этим требованиям целесообразно проводить диагностический анализ построения, проектирования, изготовления, хранения, использования и ре­монта. В этом случае создаётся банк данных с учётом требований к приборам, показателей качества и результатов испытаний при моделировании и создании диагностических систем. Наибольший эффект достигается в случае осуществления диагностирования не по отдельным параметрам изделия приборов, а в случае комплексной оценки их работоспособности (рисунок 8)

Разделяют два основных вида **диагностирования изделий электронной техники:**

- предэксплуатационная диагностика, которая предусматри­вает:

выполнение требований технического задания и выявление области работоспособности приборов (на этапах проектирования и разработки);

оптимизация параметров проведения технологических опе­раций и испытания для определения несовершенств технологии изготовления приборов (на этапе производства);

- эксплуатационная диагностика, которая обеспечивает: рекомендации по неразрушающему контролю качества и правильности применения изделий (на этапе применения);

рассмотрение режимов и условий эксплуатации, а также анализ причин нарушения работоспособности и устранение их появления (на этане эксплуатации).