КУРСОВАЯ РАБОТА

На тему:

«Изменение функциональных свойств сложных объектов техники с течением времени и при эксплуатации»

Ижевск 2010

###### Введение

###### Сегодня развитие науки и техники создало уникальную ситуацию – зачастую применение новейших технологий и оборудования становится очевидным конкурентным преимуществом. Именно поэтому использование современных систем и механизмов стало обычным в различных областях промышленности новой России. Однако сложность и интеллектуальность агрегатов требует соответственного к ним отношения – квалифицированной эксплуатации и обслуживания. Значительная часть ведущих производителей современного высокотехнологичного оборудования при его продаже четко оговаривает условия его работы и необходимые регламенты. При этом способы реализации такого сервиса могут быть разными. Как правило, организация, эксплуатирующая технику, выбирает наиболее оптимальный для ее конкретных условий метод обслуживания сложных агрегатов. Выбор условий обычно оговаривается с фирмой-производителем и является предметом договора. Тем не менее, можно выделить ряд существенных аспектов, единых для всех, на которые можно ориентироваться при организации сервисного обслуживания сложной техники.

## 1. Техника

Те́хника (др.-греч. τεχνικός от τέχνη – искусство, мастерство, умение) – это **совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления производственных процессов и удовлетворения непроизводственных потребностей** общества.

## Техника относится к группе искусственно преобразованных фрагментов природы в отличие от природных объектов, которые человек вовлекает в различные сферы жизнедеятельности. Техническая деятельность на основе природных процессов создает новые неприродные образования, удовлетворяющие потребности человека. Таким образом, техническими объектами являются материальные явления и искусственные явления.

## К искусственным материальным образованиям относятся и произведения искусства, получающие материальное воплощение. Однако, результаты художественной деятельности, как правило, не являются техникой.

## Понятие «технический объект» обозначает такое техническое явление, которое обладает всеми основными признаками общего класса технических образований. Отдельный технический объект является наиболее полной единичной клеткой технического мира (техносферы).

## Таким образом, технические объекты – это такие образования, которые, выполняя функцию средства человеческой деятельности, интегрируют в себе основные стороны деятельности человека (материальную, научную, художественную). Все другие образования существуют относительно самостоятельно и образуют смежные явления, представляющие отдельные части целого. К ним можно отнести: явления духовной жизни человека; произведения искусства; используемые неизмененные природные формы; технические системы, обладающие искусственной природой, но не выполняющие целостной социальной функции.

Основное назначение техники – избавление человека от выполнения физически тяжёлой или рутинной (однообразной) работы, чтобы предоставить ему больше времени для творческих занятий, облегчить его повседневную жизнь.

Различные технические устройства позволяют значительно повысить эффективность и производительность труда, более рационально использовать природные ресурсы, а также снизить вероятность ошибки человека при выполнении каких-либо сложных операций.

* Создание материальных и культурных ценностей
* Производство, преобразование и передача различных видов энергии
* Сбор, обработка и передача информации
* Создание и использование различных средств передвижения
* Поддержание обороноспособности

Универсальная классификация технических средств ещё не создана, да и вряд ли будет создана в будущем. В настоящее время в основном техника классифицируется по областям применения, например:

* промышленная техника,
* транспорт, бытовая техника,
* вычислительная техника и т.д.

К технике относят все многообразие создаваемых комплексов и изделий, машин и механизмов, производственных зданий и сооружений, приборов и агрегатов, инструментов и коммуникаций, устройств и приспособлений, деталей, электронных и электрорадиоизделий.

Дополнительно технику можно разделить на производственную, например, станки, инструменты, средства измерения и т.д., и непроизводственную – бытовая техника, легковой транспорт, техника для досуга.

Отдельным классом также стоит военная техника, в которую входят все технические устройства и машины, предназначенные для поддержания обороноспособности и ведения боевых действий на суше, в море, в воздухе и в космосе.

Под свойствами подразумевается неоспоримый, реально наблюдаемый фактор – вес, размер, мощность и др.

Обобщающим термином «техника» обычно называют **совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления производственных процессов и удовлетворения непроизводственных потребностей** общества. К технике относят все многообразие создаваемых комплексов и изделий, машин и механизмов, производственных зданий и сооружений, приборов и агрегатов, инструментов и коммуникаций, устройств и приспособлений, деталей, электронных и электрорадиоизделий.

Термин «система» имеет широкий диапазон значений. **В науке и технике система – это множество элементов, понятий, норм с отношениями и связями между ними, образующих некоторую целостность.** Так, можно говорить о системе элементов вычислительной машины, системе сигналов линии связи, системе допусков. **В теории управления под системой понимают совокупность взаимодействующих устройств управления и управляемого объекта.** В этом смысле система является некоторой абстрактно выделяемой частью техники (изделия, природы), удобной для изучения и исследования. Примерами систем являются: система телевещания, система обслуживания и ремонта бытовой электронной аппаратуры и т.д. И хотя можно говорить о создании, разработке, изготовлении технической системы, термином «техническая система» подчеркивается, что образец техники (техническое средство) рассматривается как средство удовлетворения потребности (средство производства, средство достижения некоторой цели). Когда говорят, что завод (конструкторское бюро) изготовил и поставил систему управления некоторого изделия, например, прокатного стана, то имеют в виду, что поставлена аппаратура (устройство управления), которая без управляемого объекта не является системой управления в строгом смысле.

Под элементом системы понимают часть системы, предназначенную для выполнения определенных функций и неделимую на составные части при данном уровне рассмотрения.

### 2. Жизненный цикл изделия (системы)

При описании и изучении изделий их жизненный цикл делят на составные элементы (этапы, стадии). Эти составные элементы отличаются специфическими чертами и особенностями решаемых с их помощью задач. Так, иногда различают идеальный и материальный жизненные циклы изделия. **Идеальный жизненный цикл** включает в себя изучение потребности, проектирование и планирование. **В материальном жизненном цикле** выделяют этапы строительства, освоения, эксплуатации (например, поточной линии) или этапы изготовления, развертывания, применения (например, системы метеорологических спутников).

Более общепринятым является выделение из жизненного цикла **процесса создания** и **процесса применения изделия.** Составными частями процесса создания являются стадии разработки, изготовления и поставки изделия данного типа. Составные части процесса применения (эксплуатации) готовых образцов – хранение, транспортировка, профилактика, обслуживание, ремонт, подготовка к применению, собственно применение и т.п.

На начальных стадиях проектирования изделия (в рамках идеального цикла) решения воплощаются в документации и касаются всех изделий данного типа, подлежащих изготовлению. При этом к начальным стадиям относятся: разработка технического задания и рабочей документации, создание эскизного проекта и технического проекта, написание рабочей документации.

На последующих стадиях производства объектом исследования могут быть как все изделия данного типа, так и каждый конкретный образец (экземпляр). К таким стадиям можно отнести: изготовление опытных образцов, проведение автономных, комплексных, межведомственных и государственных испытаний, подготовка документации на изделия серийного производства, изготовление и испытание установочной партии изделий, изготовление серийных образцов.

В процессе создания (разработки) основного изделия можно разрабатывать, изготовлять и применять вспомогательные изделия: опытные образцы, экспериментальные установки, контрольно-проверочное оборудование и т.п. Жизненные циклы таких изделий, естественно, могут не совпадать с жизненным циклом основного изделия, являющегося объектом проводимого исследования.

Процесс создания и процесс применения изделия представляют в виде последовательных стадий работ, каждая из которых может расчленяться на более мелкие этапы и далее на отдельные работы. Эти отдельные работы являются независимыми и могут проводиться параллельно. Однако в общем случае результаты работ и этапов по отдельным составным частям влияют на проведение работ по другим частям изделия. Поэтому более точно процесс создания и процесс применения изделий могут быть представлены так называемым сетевым графиком, «вершины-события» которого находятся в строгом упорядочении через «дуги-работы». Кроме того, на всем множестве событий выделяют так называемые контролируемые события. После наступления каждого из них проводится анализ полученных результатов по изделию в целом. По итогам принимается решение о переходе к последующей стадии.

В заключение стоит отметить следующее: **каждый жизненный цикл, в некотором базисе, характеризуется соответствующей ему основой, используемой для формирования базы данных. База данных, в свою очередь, необходима для создания диагностических (прогнозирующих) моделей.**

При использовании только приведенных признаков классификации можно описать множество классов нейросетевых моделей исследуемых объектов. Ниже даны характеристики трех классов самих объектов с использованием отдельных признаков классификации.

**Массовые объекты (системы)**. Процесс проектирования любого технического объекта всегда доходит до такого уровня детализации, когда в качестве структурных единиц создаваемого объекта используют уже готовые изделия. Последние, как правило, освоены промышленностью, выпускаются массовым производством и используются в стабильных (часто облегченных) условиях эксплуатации. Контроль состояния изделий проводят перед сборкой готовой продукции или перед применением. Ремонт не предусмотрен. Уровень работоспособности, как правило, один. Используют их до первого отказа.

Задачи исследования свойств объектов такого класса связаны с накоплением статистики о результатах применения и оценкой фактического уровня надежности. Знание уровня надежности и последствий отказов изделия позволяет правильно применять его. При этом, по необходимости, применяется резервирование как основной путь защиты от последствий отказов. В ряде случаев нейронные сети (НС) прямого распространения, обладающие большой информационной емкостью, позволяют аппроксимировать соответствующий объем однородных статистических данных.

**Объекты (системы) крупной серии**. Их применяют в широком диапазоне внешних воздействий, причем определенные условия эксплуатации конкретного образца проявляются только в процессе эксплуатации. Применение таких систем является либо периодическим, либо непрерывным, до исчерпания ресурса.

При разработке нового изделия, как правило, расширяется диапазон условий эксплуатации или усовершенствуется конструкция и технология. При этом свойства обобщения по подобию, преобладанию НС прямого распространения, а также ряд других архитектур НС позволяют получить удовлетворительные диагностические модели.

Оценку параметров ТС системы проводят на стадии проектирования по информации, собранной по результатам работы изделий-аналогов. Основные проблемы создания связаны с отработкой новых решений (конструкции, технологии, эксплуатации). По результатам опытной эксплуатации подбирают рациональные режимы контроля и ремонта.

**Уникальные объекты (системы)**. Построенная в единственном экземпляре система работает в условиях переменных (возможно, случайных), предсказуемых с некоторым упреждением воздействий. В процессе создания используют апробированные ранее решения, а система непрерывного контроля и обслуживания гарантирует своевременное обнаружение неисправностей и предотвращение поломок и аварий. Эффективны экспертные системы, нейросетевые экспертные системы, НС с функциями выработки прототипа и обобщения.

При использовании признаков классификации систем следует иметь в виду, что аспект исследований, связанных с обоснованием решений на разных стадиях создания техники, может меняться. Соответственно, меняется класс объекта системного исследования (моделирования).

Для **характеристики особенностей взаимодействия системы с внешней средой** учитывают:

* факт наличия взаимодействия (разомкнутые системы) или отсутствия его (замкнутые системы);
* число и функциональное назначение контуров взаимодействия с внешней средой (целевой контур, контур поддержания работоспособности, контур энергообеспечения, контур жизнеобеспечения **и т.п.)**;
* изученность (степень неопределенности) взаимодействий;
* для детерминированных – точность или диапазон возможных значений;
* для случайных – диапазон, вид распределения, параметры распределения;
* для преднамеренных – диапазон или правило выбора возможных значений.

Для **характеристики особенностей внутреннего строения (структуры) систем** используются следующие признаки [27]:

* Устойчивость структуры (системы с постоянной или переменной структурой).
* Наличие и степень участия оператора в целевом или вспомогательном контурах (системы ручного управления, автоматизированные и автоматические;
* Наличие в структуре системы лиц (коллективных органов) принятия решения, их подчиненность, централизация системы. В связи с этим различают системы: организационные, иерархические, многосвязанные, централизованные, децентрализованные, с антагонистическими интересами, с неантагонистическими интересами и т.д. К примеру, нейросетевой анализ скрытых закономерностей в данных параметров промышленных установок, в ряде случаев, позволяет выявить искусственное, целенаправленное и характерное их изменение операторами с той или иной целью.

Для **учета специфики общесистемных интегральных свойств (поведения) систем** учитывают:

* Наличие тех или иных регуляторных свойств (системы стабилизации, слежения, упреждения, программного управления и т.п.).
* Способность к анализу обстановки (системы с распознаванием ситуаций, с оценкой работоспособности, с прогнозом надежности и т.д.).
* Использование адаптации (системы с обучением, самообучением, гибкими стратегиями, наличием свободы выбора решений).
* Возможность изменения уровня организации (системы с перестраиваемой структурой, самоорганизующиеся, развивающиеся системы).

Будем рассматривать системы как объекты исследования их эксплуатационных свойств нейросетевыми методами. Тогда целью классификации систем является выделение групп изделий, для которых может быть предложен общий подход, который обеспечивает единство в вопросах задания требований, обеспечения, оценки, контроля ТС, применения общих методов анализа и синтеза, обоснования конструкторских, технологических и эксплуатационных параметров, а также параметров диагностических моделей.

Выбор признаков классификации систем проводят на основе анализа **выделенных заранее групп характеристик [27]:**

* условия эксплуатации;
* конструкционные, технологические, эксплуатационные параметры;
* свойства и их устойчивость.

Для **характеристики условий эксплуатации** обычно используют перечень воздействующих на изделие факторов и их диапазонов. Такие перечни могут быть составлены для каждого из режимов эксплуатации: хранения, транспортирования, дежурства, применения и т.п.

Кроме этого, нередко возникает необходимость в оценке условий эксплуатации по уровню неопределенности и воспроизводимости условий. Особенно это касается исследований эксплуатационных характеристик, а также выбора рациональных способов их обеспечения и контроля.

Воздействия на объект могут быть постоянные и переменные, а также известные, случайно непредсказуемые и преднамеренные. Комплекс условий может быть воспроизводимым при испытаниях опытных образцов или воспроизводимым только при эксплуатации (применении) штатных объектов.

Для **характеристики конструкционных и технологических особенностей систем** их различают: по объему выпуска, новизне конструкции и (или) технологии. По объему выпуска различают объекты массового, серийного и единичного производства. По характеристике свойств и режимам применения (эксплуатации) различают изделия: с одним или несколькими уровнями работоспособности; однократного, многократного, периодического или непрерывного применения.

### 3. Системные признаки больших объектов

Специфические системные качества или эмерджентные свойства системы позволяют обеспечивать высокий информационный КПД даже в условиях большой степени неопределенности внешней среды, уровня потребностей, наличия конфликтных ситуаций, применения уникальных изделий. Одна из задач системного исследования (подготовки исходных данных для НС-моделей) состоит в том, чтобы оценить начальный и ожидаемый уровни неопределенности условий применения создаваемого изделия, а также выбрать соответствующий уровень организации процессов создания и применения изделий. То есть, необходимо обеспечить достаточную эффективность систем, участвующих в создании и применении изделия [27].

Рассмотренные выше признаки образуют необозримое множество различных классов систем. Число различных классов систем, для которых разрабатываются нейросетевые модели, изучаемых и рассматриваемых на практике, существенно меньше. С одной стороны, это определяется тем, что из рассмотрения изъяты некоторые замкнутые автоматические системы управления. Тем не менее модели этих систем используют при описании процессов функционирования создаваемых изделий, в том числе систем управления движением, телемеханики, жизнеобеспечения и т.п. Такие модели иногда используют при исследовании влияния отказов элементов на качество функционирования того или иного контура управления и на выходной эффект применяемого изделия [27].

Развитие методов системного анализа применительно к разомкнутым организационным иерархическим системам, реализующим достаточно сложное поведение, находится на таком уровне, что аналитические решения, учитывающие специфику отдельных классов, найдены только в простейших случаях.

Целенаправленные системы – это большой класс систем, в рамках которых обычно исследуется процесс (стратегия) применения создаваемой изделия. Часто это многоцелевые организационно-технические системы с иерархической структурой, сложным поведением, называемые большими системами. В общем случае, кроме целевых контуров, описывающих процесс применения изделий, моделируются контуры обеспечения эксплуатации. К последним относятся: дежурства, обслуживания, контроль восстановления, управление функционированием. В частности, при использовании НС как нелинейной (вследствие химических реакций) модели смешения различных веществ в нефтехимии, в последнюю может входить опыт экспертов, формирующих требуемые рецептуры смешения компонентов.

На ранних стадиях создания объекта при выборе его оптимального облика используют упрощенные модели. При этом моделирование вспомогательных контуров заменяется их интегральными характеристиками, полученными при работе с аналогичными изделиями. Для анализа наиболее полных многоконтурных моделей используют имитационное моделирование, поскольку его методология развита применительно к особенностям транспортных и энергетических систем, систем наблюдения и т.п.

Широкий **класс систем контроля** включает: системы производственного контроля, системы контроля и диагностики, используемые при подготовке изделий к применению, системы оперативного контроля и управления функционированием и др. Это могут быть многоконтурные системы, включающие в контуры операторов и ЭВМ. Полезный эффект от использования систем может определяться и уменьшением брака готовой продукции (для производственного контроля), и сокращением времени подготовки больших объектов к работе, и повышением эффективности целевого контура (для систем оперативного контроля и управления функционированием).

Системы **обеспечения процесса создания объектов.** К числу таких систем можно отнести систему обеспечения требуемых свойств и управления качеством объектов, автоматизированную систему управления производством и т.п. Целью таких систем является обеспечение или поддержание на заданном уровне качества процесса создания видов техники в соответствии с нормами, обоснованными и установленными для данного вида техники. Такие системы, действующие в той или иной отрасли, определяют условия создания и общий уровень создаваемого вида техники [27].

### 4. Цели исследования эксплуатации систем

Каждый из существующих методов прогнозирования обладает своими достоинствами и недостатками относительно тех или иных областей применения. Для определения научно-обоснованных предпосылок применения того или иного метода прогнозирования (либо необходимости разработки нового метода) необходим анализ не только применяемого математического аппарата, но и рассмотрение характеристик класса объектов прогнозирования. В качестве эталона класса сложных объектов в книге рассматриваются сложные системы техногенного происхождения из различных областей жизнедеятельности.

Для решения конкретных задач прогнозирования технического состояния (ТС) сложных объектов необходим анализ данных эксплуатации его подсистем как объектов прогнозирования. В качестве сложных объектов диагностирования будут рассмотрены космический аппарат (КА) (рис. 1.1) и колонна разделения нефтяных фракций (рис. 1.2).

Рис. 1.2. Ректификационная колонна

Прогнозирование технического состояния, наряду с задачами контроля технического состояния и поиска места и причин отказа, являются задачами технического диагностирования [24].

Эксплуатация сложных объектов (далее по тексту просто объектов или систем) с автоматизированными системами диагностирования показывает, что такие системы реагируют не на все неисправности. Несмотря на введение дорогостоящего диагностического оборудования, не всегда удается добиться значительного снижения времени поиска неисправностей и поиска существенных прогнозирующих признаков. При этом идея полного удаления человека из процесса диагностирования не осуществилась. Кроме того, сопоставление различных поисковых ситуаций показывает, что эффективность применения систем диагностики очень часто оказывается ниже той, на которую рассчитывают разработчики [25].

**Цель исследования эксплуатации систем состоит в следующем:**

* Обеспечить высокую эффективность функционирования или применения эксплуатируемой системы по назначению в рамках установленных сроков.
* Обеспечить большую длительность эксплуатации и готовность системы к применению.
* Поддержать некоторое гарантированное количество изделий в системе в состоянии готовности.
* Обеспечить высокую экономичность и безопасность выполнения эксплуатационных процессов.

Главной задачей системы эксплуатации как таковой является постоянный контроль и поддержание технического состояния и надежности этих систем на уровне, достаточном для выполнения ими заданных функций или готовности к применению и выполнению целевых задач.

Нормальное функционирование сложной технической системы при эксплуатации обеспечивается специальными техническими средствами и системами, а также планомерной целенаправленной работой многочисленных коллективов эксплуатирующих предприятии и организаций.

С целью обеспечения высокой надежности современной техники в производстве и поддержания ее в процессе эксплуатации широко используют разнообразные методы и автоматизированные средства неразрушающего контроля и технического диагностирования. Однако трудоемкость операций контроля для различных видов техники составляет от 15 до 50% трудоемкости основных операций ее изготовления.

Затраты за весь период эксплуатации на ремонт и техническое обслуживание техники в связи с ее износом по многолетним статистическим данным превышают стоимость новых станков или машин в 5…8 раз, а радиотехнической аппаратуры в – 10…12 раз [26].

По зарубежным данным, 20…25% отказов различного рода оборудования вызывается ошибками обслуживающего персонала. 40…90% происшествий на транспорте, в различных энергосистемах, а также большинство травм на производстве являются результатом ошибочных действий людей [27].

Вместе с тем развивается и совершенствуется материально-техническая база промышленности – основа высокого качества и надежности техники. Разрабатываются прогрессивные материалы, осваиваются новые технологические процессы, совершенствуется производственное, испытательное оборудование. Разрабатываются и все шире внедряются системы автоматизированного проектирования, изготовления, контроля и диагностики. Кроме того, внедряются отраслевые и межотраслевые информационно-управляющие системы, комплексные системы управления качеством продукции.

**В теории эксплуатации систем получено достаточно много фундаментальных результатов в трех самостоятельно развивающихся направлениях исследования:**

вероятностно-статистическом направлении, связанном с исследованием физики отказов. Это направление используется для систем, обладающих сложной многоэлементной структурой и сложными связями между элементами.

Детерминированном направлении, предназначенном для механических систем, конструкций, материалов и элементов.

Информационном направлении, возникшем сравнительно недавно.

В рамках первого направления развиты математические методы оценки надежности, статистической обработки результатов испытаний и эксплуатации, разработки типовых высоконадежных структур изделий, а также планирования испытаний, контроля и прогнозирования надежности, совершенствования системы эксплуатации.

В рамках второго направления изучены механизмы износа, усталостной прочности, коррозии, разработаны методы расчета на прочность и износ. Постоянно разрабатываются новые технологические процессы, повышающие надежность материалов, элементов и машин.

Идет процесс взаимного слияния трех направлений, перенесения рациональных идей и научных результатов из одной области в другую. На основе этого формируется единая наука о надежности техники.

С момента начала создания и применения объекта (стадиях материального жизненного цикла) появляется возможность проведения экспериментальных исследований наряду с теоретическими исследованиями (моделированием). Таким образом, появляется возможность экспериментальной проверки правильности ранее использованных моделей и принятых решений. Причем проверке могут быть подвергнуты также последствия принимаемых решений, т.е. потребительские свойства проектируемого изделия, создаваемого и эксплуатируемого по принятой документацией. Именно эти задачи решаются в соответствии с программами экспериментальной отработки и программами производственного контроля, а также государственных испытаний и опытной эксплуатации [27].

Получение экспериментальной информации в одной точке исследуемого диапазона свойств создаваемой системы связано, как правило, с необходимостью создания соответствующего опытного образца, моделирующего изучаемые свойства штатного образца. При этом речь идет уже не о математической, а скорее о физической или химической модели. Иногда для изучения одной точки (сочетание свойств) необходимо провести статистический эксперимент, т.е. подготовить и испытать выборку (несколько образцов).

Сочетание теоретических и экспериментальных исследований, т.е. математического и физического моделирования, позволяет наиболее рационально использовать априорную информацию (предыдущий опыт) и оперативную (текущую) информацию о выполнении принятых решений в качестве основы для принятия последующих решений.

Во многих отраслях промышленности, занятых созданием сложной техники, задачи экспериментальных исследований решают на специально предусмотренных стадиях изготовления и испытаний опытных образцов, их технологической отработки, а также опытной эксплуатации. Испытания проводят на физических моделях, макетах, опытных или серийных образцах. Измеряя свойства испытуемых объектов, проверяя их сохранность в течение заданного времени (наработки), исследователь подтверждает правильность принятых решений либо получает информацию об отклонениях от расчетных значений для уточнения ранее принятых решений.

Любые экспериментальные исследования объекта позволяют увеличить объем априорной информации, который, в свою очередь, может быть эффективно использован для построения его модели (управления или наблюдения). В частности, большие объемы обучающих выборок могут быть обработаны нейронными сетями прямого распространения, обладающими наибольшей информационной емкостью.

Организация сервисного обслуживания сложного оборудования.

Сегодня развитие науки и техники создало уникальную ситуацию – зачастую применение новейших технологий и оборудования становится очевидным конкурентным преимуществом. Именно поэтому использование современных систем и механизмов стало обычным в различных областях промышленности новой России. Однако сложность и интеллектуальность агрегатов требует соответственного к ним отношения – квалифицированной эксплуатации и обслуживания. Значительная часть ведущих производителей современного высокотехнологичного оборудования при его продаже четко оговаривает условия его работы и необходимые регламенты. При этом способы реализации такого сервиса могут быть разными. Как правило, организация, эксплуатирующая технику, выбирает наиболее оптимальный для ее конкретных условий метод обслуживания сложных агрегатов. Выбор условий обычно оговаривается с фирмой-производителем и является предметом договора. Тем не менее, можно выделить ряд существенных аспектов, единых для всех, на которые можно ориентироваться при организации сервисного обслуживания сложной техники.

В силу сложности и интеллектуальности современной техники в промышленно развитых странах в последнее время получила распространение система информационных технологий сквозной поддержки изделия на протяжении его жизненного цикла, или CALS-технологии. В России эта система получила название ИПИ-технологии (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделия). Эти технологии основаны на стандартизированном упорядоченном представлении данных об изделии и системе коллективного доступа к этим данным. Такой подход существенно снижает трудозатраты на всех этапах жизненного цикла сложного оборудования – от проектирования до утилизации.

В России активно внедряются эти системы. Особенно заметно это в наукоемких отраслях промышленности. Например, в ФГУП «ЦНИИАтоминформ» организована отраслевая лаборатория поддержки жизненного цикла изделий Минатома. Ряд предприятий (ГП «Красная звезда», ВНИИА, ОКБМ) уже приступил к реализации пилотных проектов по внедрению ИПИ-технологий для сопровождения своей продукции. Поскольку введение сложного оборудования в производство подразумевает достаточно высокую степень его автоматизации и компьютеризации, система сервиса должна стать одной из неотъемлемых частей технологического цикла. Использование ИПИ-технологий делает это естественным процессом. В принципе, не столь важно, является сервис частью производства или осуществляется сторонней организацией. Необходимым становится лишь постоянный интерактивный контроль параметров оборудования.

**5. Выбор способа обслуживания**

В общем, способы обслуживания и ремонта сложной техники можно условно поделить на три большие группы:

Во-первых, это эксплуатация техники собственными силами. При всех очевидных выгодах такого подхода (оперативность взаимодействия, знание нюансов производства и пр.) он доступен далеко не всем. Для того чтобы организовать отдельное структурное подразделение, занимающееся исключительно обслуживанием сложной техники, необходимо сделать значительные первоначальные вложения, поддерживать штат квалифицированных специалистов разных специальностей и иметь хорошо организованное складское хозяйство. Для большинства производств такие расходы являются нерациональными. Тем не менее, на очень крупных предприятиях, имеющих на балансе большое количество сложной техники, такой подход практикуется. Например, ОАО «Стройтрансгаз», являющееся одним из гигантов газовой индустрии, для обслуживания сложной импортной техники организовало собственные ремонтно – эксплуатационные базы в нескольких регионах (в Тюмени, Кашире и Владимирской области). Используют такой подход и крупные лизинговые фирмы. ЦФ ЗАО «Лизингстроймаш» создало специализированные мобильные подразделения для оперативного контроля и обслуживания сложной техники.

Во-вторых, организация разовых сервисных работ подрядными организациями. Такие компании имеют постоянный штат квалифицированных специалистов и ремонтную базу. Но, несмотря на то, что это весьма распространенный путь, к его очевидным недостаткам относятся отсутствие системного подхода и потеря преимуществ ИПИ, поскольку у «разового» специалиста зачастую нет возможности судить о происходящих событиях в динамике процесса. Кроме того, сторонние фирмы, занимающиеся общим обслуживанием сложной техники, часто имеют проблемы с аутентичными запчастями и принадлежностями, что может привести к невыполнению взятых обязательств и нарушению сроков работ. Возможность сэкономить, вызвав специалиста «по факту» уже возникшей проблемы, с лихвой компенсируется стоимостью работ и оборудования, если эта проблема чревата поломкой и серьезным ремонтом.

И в-третьих – фирменное сервисное гарантийное и постгарантийное обслуживание. Как правило, отношения со специализированными сервисами завязываются уже при покупке нового оборудования, при начале эксплуатации в рамках гарантийного срока. Фирменный сервис удобен тем, что именно в нем наиболее ярко выражены преимущества ИПИ-технологий, поскольку агрегат находится под пристальным вниманием специалистов непосредственно от сборочного конвейера до места работы. Дополнительным преимуществом сервисов является возможность оперативной работы с фирмой-производителем, более дешевые аутентичные запчасти и принадлежности и высокая квалификация персонала именно в области эксплуатации данной марки техники. В качестве примера можно привести сервисную службу российского отделения концерна Grundfos (ведущий производитель насосного оборудования). Там была разработана весьма действенная двухуровневая схема, причем второй уровень (авторизованные сервисы) в обязательном порядке должен иметь постоянное подключение к Интернету. В сложных случаях интерактивную консультацию дает головной офис сервиса. При этом делается практически ненужным ППР, а эксплуатация оборудования становится гораздо более удобной.

**6. Надежность оборудования и его сервис**

Одно из основных требований к современному сложному оборудованию – его надежность. Это комплексное понятие, включающее в себя ряд необходимых условий – таких, как долговечность, безотказность, ремонтопригодность и стойкость к изменению условий. От сочетания этих свойств во многом будет зависеть стоимость его жизненного цикла. Очевидно, что чем надежнее оборудование, тем меньше затрат будет производиться на его обслуживание. Поэтому сервис сложной техники должен включать в себя систему управления надежностью оборудования. То есть сервисная служба в рамках информационного обеспечения жизненного цикла изделия должна производить сбор сведений о надежности агрегатов (отказы, ремонты, аварийные и чрезвычайные ситуации, влияние техобслуживания и ремонта (ТОиР) на надежность). При этом облегчается дальнейший анализ и прогноз работы техники. Такой подход позволяет сервисной организации с большой точностью производить ТОиР и корректировать их параметры соответственно показателям системы управления надежности оборудования.

На сегодняшний день существует несколько унифицированных систем анализа надежности. В РФ принят ГОСТ 27.301–95 «Анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)», позволяющий стандартизировать подходы к этой проблеме. АВПКО включает в себя комплекс процедур – таких, как выявление возможных видов отказов и их причин, вероятных последствий отказов, диагностика с использованием специальных средств, анализ действий персонала и ряд других формализованных операций. Необходимым условием организации систем управления надежностью служит оперативность и достоверность информации, которая зависит от степени компьютеризации процесса и оборудования. При использовании ИПИ она достигается путем непрерывного мониторинга всех систем и узлов и автоматического ведения журнала работы, доступного специалистам сервиса. Надо сказать, современное оборудование позволяет создать интерактивную систему управления, не требующую специальных диспетчерских подразделений. В этом случае высокоавтоматизированная система находится на постоянной связи с инженером-эксплуатационником, позволяя ему отслеживать работу в режиме онлайн и при необходимости сообщая о вероятных сбоях на пейджер или мобильный телефон. Это в значительной степени облегчает обслуживание и контроль систем.

Примером такого подхода может служить опыт ООО «Теплоперспектива», которая занимается установкой и эксплуатацией сложного инженерного обеспечения в ЖКХ. В новом жилом комплексе в г. Долгопрудном современное оборудование (насосы Grundfos со шкафами управления, теплообменники «Альфа-Лаваль», запорная арматура Danfoss) позволило свести весь комплекс водоснабжения и теплоснабжения в единую управляемую и контролируемую сеть. При этом ведение компьютерного журнала позволяет производить быстрый и объективный анализ ситуации и принимать оперативные и действенные меры при возникновении проблем. Постоянная связь с инженером-эксплуатационником осуществляется через мобильный телефон.

**7. Техническое обслуживание по фактическому состоянию**

На большинстве предприятий в технические регламенты входит планово-предупредительный ремонт (ППР) сложного оборудования. Обычно это вызвано тем, что стоимость ремонта по факту аварии существенно (иногда до 10 раз!) дороже ППР. При этом принцип плановости предполагает профилактическую направленность остановки и ремонта оборудования. Тем не менее, существуют ситуации, когда выгоднее совершать не ППР, а ТОиР по фактическому состоянию. Вызвано это тем, что в ряде случаев плановый ремонт с разборкой механизма и заменой деталей временно (до приработки деталей) или постоянно снижает надежность агрегата. Исследования показали, что около 70% возникающих после вмешательства дефектов было вызвано ППР.

Следует сразу оговориться, что обслуживание по фактическому состоянию возможно лишь на современной, качественной технике, снабженной системами телеметрии. Суть такой системы сервиса сложного оборудования состоит в том, что при помощи постоянного технического диагностирования производится анализ состояния узлов и агрегата в целом и делается прогноз необходимого ТОиР. При этом диагностирование может производиться по различным критериям. Проще всего организовать контроль по изменению допустимого уровня одного или нескольких параметров. Более сложные варианты включают в себя не только контроль допустимой величины параметра, но и прогноз уровня надежности узла или агрегата в целом. Вариантом обслуживания по фактическому состоянию может служить планирование объема работ. Этот вариант также требует автоматизации оборудования и позволяет учитывать изменения режимов работы, зачастую очень сильно влияющие на состояние техники. Планирование объема работ может быть полезным в случае, когда диагностика узлов неразрушающими методами невозможна. Безусловно, для эффективного планирования объема работ должна быть хорошая статистическая база по работе агрегата в разных режимах.

Основная сложность ТО по фактическому состоянию заключается именно в организации сбора и обработки данных при эксплуатации техники. Несмотря на наличие у значительной части современного сложного оборудования систем, позволяющих автоматизировать все процессы, не везде это делается, и не всякая организация способна организовать такую систему. Впрочем, серьезные производители обычно с большим вниманием относятся к сервисному обслуживанию своей продукции. В принципе, можно сказать, что чем более известна фирма-производитель, тем лучше организована сервисная поддержка и тем больше возможностей для организации профессионального обслуживания по фактическому состоянию. Итак, использование нового наукоемкого оборудования в разных сферах экономики влечет за собой не только очевидные выгоды – такие, как интенсификация производства и экономия ресурсов, – но и изменение привычных технологий эксплуатации и сервиса. Применение ИПИ – технологий позволяет создавать системы сложной архитектуры, позволяющие эксплуатировать и обслуживать сложную технику наиболее эффективно, до минимума снижая издержки на обслуживание и ремонт. При этом необходимо высокий уровень обслуживания задается уже на стадии производства и монтажа современных высокотехнологичных агрегатов.

**Заключение**

Проблема становления и развития послепродажного обслуживания сложной техники, выпускаемой отечественными товаропроизводителями, должна рассматриваться как важный компонент стратегии создания конкурентоспособного национального рынка, а также повышения конкурентоспособности продукции отечественного товаропроизводителя на международном рынке.

Целесообразно с этой целью на федеральном и региональном уровнях включить это направление в перечень основных экономических проблем в области промышленной политики, на решение которых будут направлены усилия Правительств РФ и ее субъектов.

Одной из сложившихся форм планирования является разработка и обеспечение федеральных и региональных целевых программ, которые должны включать мероприятия, направленные на, поддержку и развитие послепродажного обслуживания, предполагать разработку комплексных целевых программ кредитования.

В силу сложности и интеллектуальности современной техники в промышленно развитых странах в последнее время получила распространение система информационных технологий сквозной поддержки изделия на протяжении его жизненного цикла, или CALS-технологии. В России эта система получила название ИПИ-технологии (Информационная Поддержка жизненного цикла Изделия). Эти технологии основаны на стандартизированном упорядоченном представлении данных об изделии и системе коллективного доступа к этим данным. Такой подход существенно снижает трудозатраты на всех этапах жизненного цикла сложного оборудования – от проектирования до утилизации.

В России активно внедряются эти системы. Особенно заметно это в наукоемких отраслях промышленности. Например, в ФГУП «ЦНИИ Атоминформ» организована отраслевая лаборатория поддержки жизненного цикла изделий Минатома. Ряд предприятий (ГП «Красная звезда», ВНИИА, ОКБМ) уже приступил к реализации пилотных проектов по внедрению ИПИ-технологий для сопровождения своей продукции. Поскольку введение сложного оборудования в производство подразумевает достаточно высокую степень его автоматизации и компьютеризации, система сервиса должна стать одной из неотъемлемых частей технологического цикла. Использование ИПИ-технологий делает это естественным процессом. В принципе, не столь важно, является сервис частью производства или осуществляется сторонней организацией. Необходимым становится лишь постоянный интерактивный контроль параметров оборудования.

**Использованная литература**

1. Neuroengine.com/archives/132/print/

# 2. Горохов В.Г., Симоненко О.Д. Социальные и методологические проблемы новой техники и технологии // Вопросы философии. – 1988. – №1

# 3. Горохов В.Г., Степин В.С. Философия науки и техники. – М., 1995

# 4. Мелещенко Ю.С. Техника и закономерности ее развития. – Л., 1970

# 5. Методологические проблемы создания новой техники и технологии. – Новосибирск, 1989

# 6. Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986

# 7. Философские вопросы технического знания. – М., 1984