

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

"Ижевский государственный технический университет имени
М.Т.Калашникова"

(ФГБОУ ВПО "ИжГТУ имени М.Т.Калашникова")

Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов

Блябляс А.Н.

Ижевск 2014

Задачи и условия конструирования нефтяного оборудования.

**Формулирование задач конструирования
машин. Специфические особенности
эксплуатации машин и оборудования
нефтяной и газовой промышленности.
Влияние географического положения и
климатических условий на конструкцию
оборудования. Учет среды эксплуатации
оборудования**

Задачи и условия конструирования нефтяного оборудования

Главной задачей проектировщика (исследователя, конструктора) является создание машин, наиболее полно отвечающих потребностям заказчиков и обладающих высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

Согласно теории технических систем машины и оборудование развиваются по определенным законам:

- 1) увеличивающегося многообразия развивающейся технической системы;
- 2) ограничения многообразия исполнений технической системы.

Конструирование, создание нового или модернизированного оборудования являются основой развития машиностроения. В то же время от машиностроения в решающей мере зависят темпы экономического роста страны. Для достижения основной цели нефтяной и газовой промышленности – добычи нефти и газа – необходимо решать ряд задач, среди которых создание эксплуатационного оборудования – одна из главнейших.

Особенности эксплуатации машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности

- От условий работы оборудования зависят требования, предъявляемые к выбору материала деталей и к изысканию мер для предохранения оборудования от вредного воздействия окружающей среды.

При оценке условий эксплуатации оборудования рассматривают в основном следующие факторы:

- Климатическая характеристика района;
- Агрессивность среды, в которой работает оборудование;
- Тепловой режим работы оборудования и его деталей (узлов);
- Характер нагружения оборудования и его деталей.

Эксплуатационное оборудование обеспечивает выполнение технологических процессов при разработке нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. Это, в частности, подъем жидкости из скважин, восстановление или интенсификация притока продукции пласта к ним, различные ремонтные работы на скважинах, сбор продукции и подготовка её к использованию либо транспортирование потребителю.

Влияние климатических условий на конструкцию оборудования

Все проектируемые изделия должны сохранять свои параметры в заданных пределах и сроках в условиях определенного климатического района и способа их размещения. Исполнение изделия должно соответствовать определенному макроклиматическому району.

Климатические районы делятся в зависимости от средних ежегодных абсолютных температурных максимумов и минимумов воздуха.

При разработке оборудования для определения исходных параметров необходимы сбор статистических данных по эксплуатации аналогов создаваемого оборудования и обследование условий, в которых предполагается использовать новое изделие.

Исполнение изделия обусловлено следующими основными климатическими районами:

1. С умеренным климатом, где указанная температура воздуха находится в пределах от +40 до -45 °С. Обозначение в шифре УХЛ;
2. С холодным климатом, где та же температура воздуха может опуститься ниже -45 °С;
3. С влажным тропическим климатом, где температура воздуха ≥ 20 °С, а относительная влажность равна и выше 80%, наблюдается примерно 12 или более часов в сутки за непрерывный период от 2 до 12 мес. в году. Обозначение в шифре - ТС;
4. С сухим тропическим климатом, где средняя максимальная температура выше 40 °С и которые не отнесены к районам с влажным тропическим климатом. Обозначение в шифре – ТС;

5. С тропическим климатом. Изделия в этом случае должны иметь исполнение, пригодное и для сухого и для влажного тропического климата. Обозначение в шифре – Т;
6. Для всех указанных выше климатических районов на суше. Обозначение – 0;
7. Умеренно холодным морским климатом (изделия предназначены для установки на морских судах, плавающих в морях и океанах, расположенных севернее 30° с.ш. и южнее 30° ю.ш.
8. С тропическим морским климатом (изделия предназначены для установок на морских судах, плавающих в морях и океанах, расположенных между 30° с.ш. и 30° ю.ш.
9. Изделия, предназначенные для установки на судах с неограниченным районом плавания. Обозначения в шифре – ОМ.
10. Изделия, предназначенные для эксплуатации во всех климатических районах на суше и на море. Обозначение в шифре – В.

Направления создания и совершенствования оборудования.
Конструирование машин и комплексов нового назначения или с измененными параметрами путем: секционирования, агрегатирования, метода базового агрегата, модифицирования, универсализации, принципа преемственности, комплексной нормализации монтажной взаимозаменяемости.
Параметрические ряды

Методы конструирования машин и КОМПЛЕКСОВ НОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

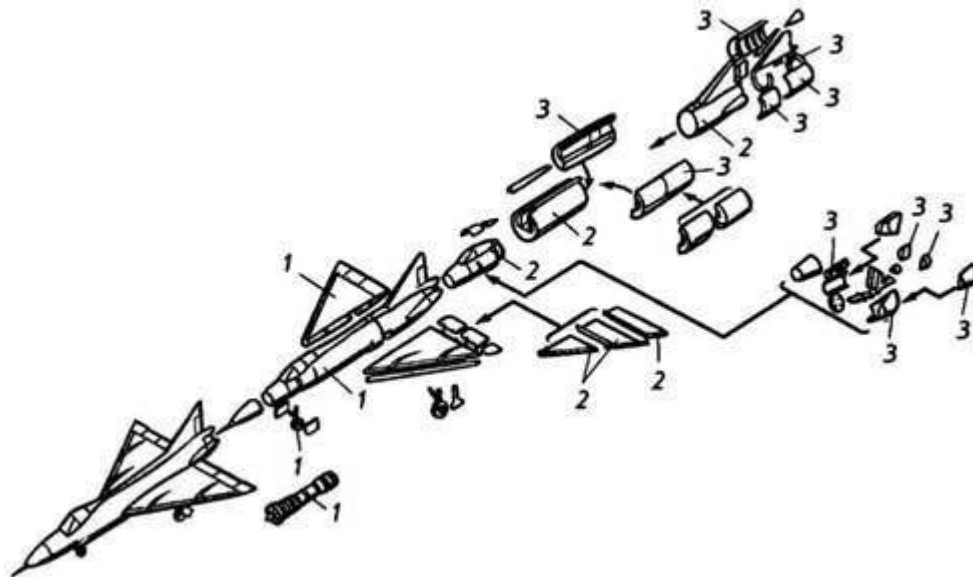
Ниже перечисленные методы основываются на способности аналитического мышления человека расчленять предметы и явления на составные части с выделением причинных связей.

1) Метод секционирования предполагает дробление технического объекта на секции, ячейки, блоки, звенья с целью удовлетворения технологических требований современного производства, обеспечения взаимозаменяемости, удобства в эксплуатации, обслуживании, ремонте.

Пример: Изобретатели Б. С. Дьяков, В. М. Жукова и Л. В. Карасев сконструировали переносный ящик под слесарный инструмент. Оригинальность конструкции заключается в том, что ящик выполнен в виде многосекционного чемодана с карманами в каждой секции (авт. свид. СССР №172694).

2) **Метод агрегатирования** - это метод конструирования машин и оборудования путем применения ограниченного числа унифицированных и стандартных деталей и сборочных единиц, обладающих функциональной и геометрической взаимозаменяемостью.

Например, метод агрегатирования можно осуществлять следующими приемами: увеличением количества рабочих органов, рабочих позиций или количества деталей, обрабатываемых на одной позиции; а также созданием поточных агрегатных линий с ветвящимися потоками, линейной и ветвистой компоновки.



На рисунке показано членение самолета на агрегаты 1, отсеки 2, панели и сборочные единицы 3. Самолет состоит из планера, двигателей, оборудования, приборов и систем. Конструктивно все они не монолитны, а состоят из различных агрегатов.

3) **Метод базового агрегата.** В основе этого метода лежит применение базового агрегата, который превращается в машины разного назначения, присоединением к нему специального оборудования.

Самое большое применение метод имеет в изготовлении самоходных кранов, дорожных машин, погрузчиков, укладчиков.

Пример: на базе привода компрессора 10ГКН создано более 30 типоразмеров компрессоров с разными параметрами (производительность от 4500 до 125000 м³/ч, давление от 1,4 до 15 МПа).

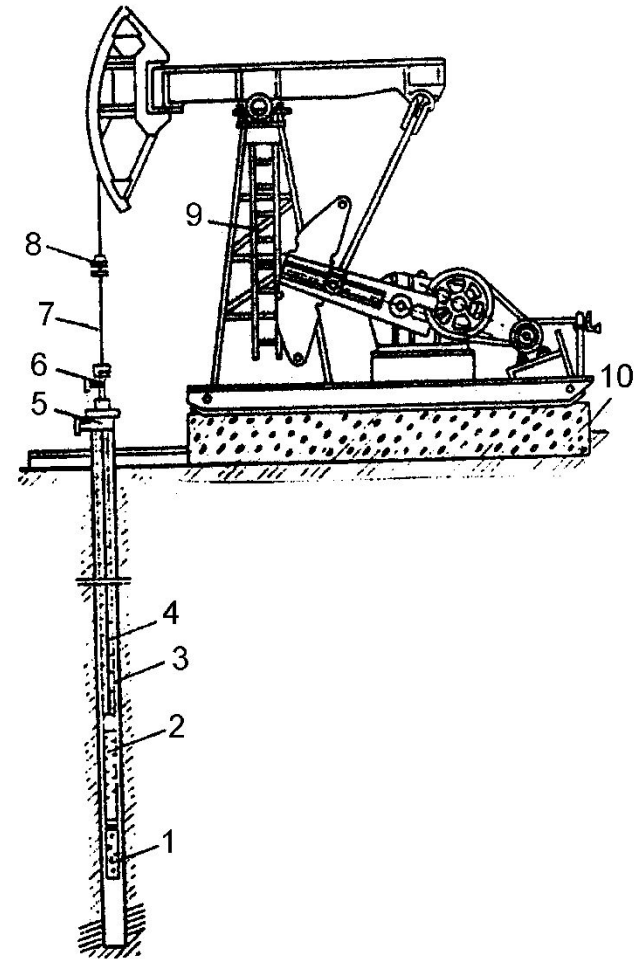


4) Метод модифицирования.

Модифицированием называют переработку машины с целью приспособления ее к другим условиям работы, операций и видов продукции без изменения основной конструкции.

Модифицирование машин для работы в разных климатических условиях например, сводится преимущественно к замене материалов.

Пример: Отличие базовых и модифицированных станков качалок выпуска 70-х годов заключается в различной длине переднего плеча балансира. Таким образом у модифицированных станков при большей длине хода точки подвеса штанг нагрузка в этой точке уменьшена.



5) Принцип преемственности заключается в использовании при проектировании предшествующего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей, введение в проектируемый агрегат всего полезного, что есть в существующих конструкциях машин.

Почти каждая современная машина представляет собой итог работы конструкторов нескольких поколений. Начальную модель машины постепенно совершенствуют, снабжают новыми узлами и агрегатами, обогащают новыми конструктивными решениями, являющимися плодом творческих усилий и изобретательности последующих поколений конструкторов.

6) **Комплексная нормализация.** Этот метод предусматривает составление комплексов с различными параметрами из унифицированных и покупных изделий (ПКИ)



Характерными примерами являются блочные насосные станции для перекачки нефти (БННС) и для закачки воды в пласты (БКНС). Эти станции имеют стандартные блоки, из которых могут быть скомпонованы насосные на различные суммарные подачи.

7) **Создание рядов оборудования.**

При разработке оборудования очень часто потребителю требуются машины одного назначения, но весьма широкую область по главным параметрам.


Так, например, агрегаты текущего ремонта с грузоподъемной силой примерно до 500 кН часто применяют при нагрузке до 200 кН. В последнем случае использование агрегатов большой грузоподъемности приводит к излишним затратам времени и средств на транспортировку, монтаж и работу с таким агрегатом. Рациональнее иметь несколько конструкций агрегатов текущего ремонта на разные грузоподъемности.

Сущность этих методов заключается в разделении традиционных технических объектов, дифференциации их функций, элиминации отдельных частей, упрощении и редукции элементов и операций.

- При разработке оборудования уже на стадии технического задания необходимо предусмотреть возможность использования одного из этих методов разработки с унификацией деталей и сборочных единиц

Процесс проектирования можно представить следующей схемой:

Схема процесса проектирования

Стадия процесса	 <pre> graph LR A[Подготовка] --> B[Замысел] B --> C[Поиск] C --> D[Реализация] </pre>		
Основ-ные ви-ды обес-печения	<p><i>Информационное</i></p> <p>Базы знаний Банк данных прогнозов, стандартов Альбомы типовых конст-рукций Стандарты, справочные данные и др.</p>	<p><i>Методическое</i></p> <p>Методы решения изобретательских задач Методы решения задач стандартизации Методы решения оптими-зационных задач</p>	<p><i>Техническое</i></p> <p>Средства вычисли-тельной техники САПР Программно-техни-ческие комплексы и др.</p>

Параметрические ряды

Параметрические ряды – это ряды значений главного параметра или главных параметров оборудования.

Создание параметрических рядов обеспечивает рациональное применение оборудования с наименьшим количеством типоразмеров машин при широком поле параметров.

Порядок создания параметрических рядов подобен для различного оборудования.

Пример параметрического ряда на ЭЦН

- Главный параметр для ряда насосов – подача. В результате конструктивной проработки различных исполнений насоса выявила возможные пределы главного параметра, рациональные диаметры насоса и дала базу для анализа к.п.д. Пределы подачи определили от 40 до 700 м³/сут.
- Для подач от 40 до 700 м³/сут можно было создать один насос, но тогда эксплуатация при некоторых подачах велась бы с весьма малым к.п.д. (см. рисунок ниже, кривая 1).

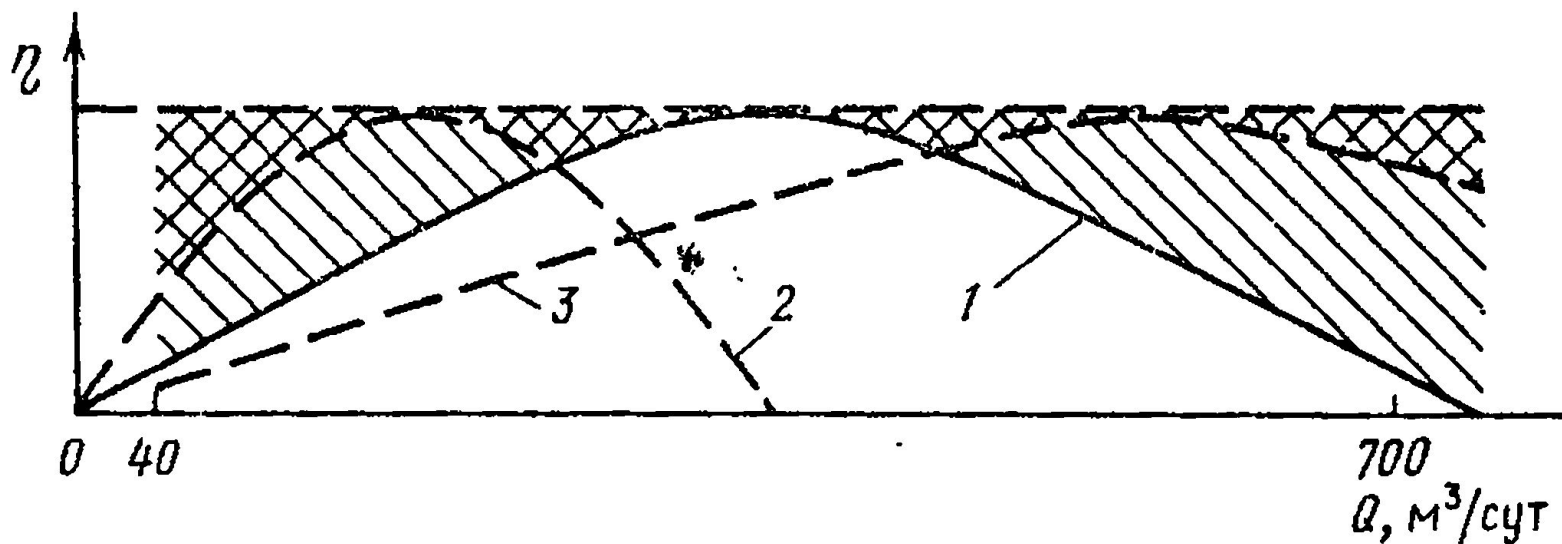


График изменения к.п.д. ЭЦН в зависимости от числа типоразмеров насосов в параметрическом ряду

Как видно из графика увеличение числа типоразмеров (кривые 2 и 3) перекрывает область нерационально низкого к.п.д.

Анализ потребности в насосах ЭЦН дал их требуемое число, для каждой из области подач. Это позволило определить затраты на освоение и ремонт различного количества типоразмеров насосов (см. рис. ниже).

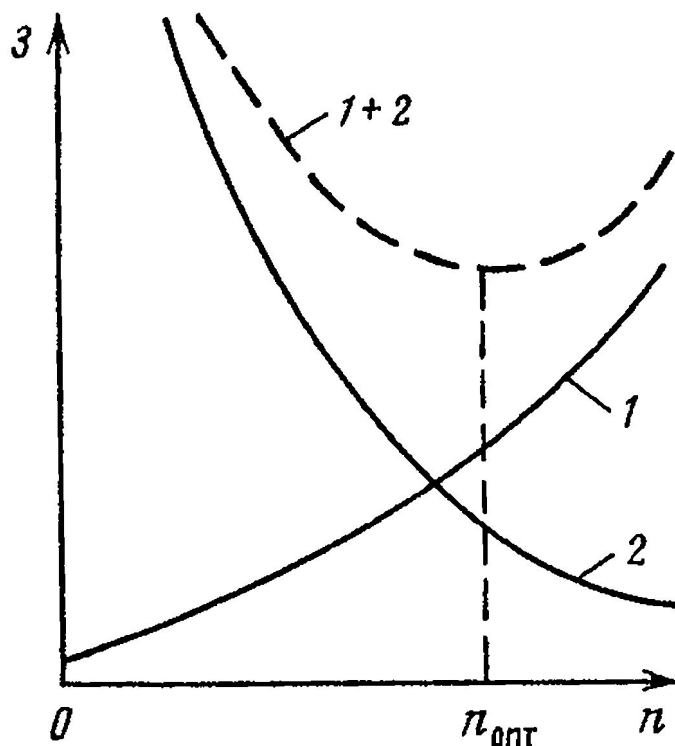


График для выбора числа типоразмеров насосов в параметрическом ряду.

Исходя из графиков минимум суммы этих затрат (кривая 1+кривая2) соответствует оптимальному числу насосов (примерно 8-9 типоразмеров ЭЦН).

Это число и было взято за основу при выборе ряда значений главного параметра в пределах 40-700 м³/сут. При этом были использованы предпочтительные ряды чисел.

Создание параметрического ряда этих насосов позволило при разработке широко унифицировать детали. Все типоразмеры насосов имеют только 15 типов ступеней, четыре размера вала (по диаметру) и три размера корпусов (по диаметру). Такая унификация существенно облегчает изготовление и ремонт ЭЦН.

Методы разработки новых машин

Характеристики методов

Методы создания новых идей

Суть конструирования новой техники – поиск и разработка решений по разрешению противоречий в системе «человек – техника – среда». Эти решения, зафиксированные в текстовой, графической или иной форме, в зависимости от разрешаемого противоречия могут быть:

1) **функционально-техническими**, повышающими производительность, надежность, транспортабельность и др. функциональные качества техники;

2) **социально-техническими**, удовлетворяющими эргономическим, эстетическим и экологическим требованиям;

3) **технико-экономическими**, обеспечивающими ожидаемые доходы и перспективы развития производства.

По способу разрешения противоречий конструкторские решения могут быть **формально логическими и эвристическими**.

Логические		Эвристические		
Ассоциации	Генерирование идей		Простые	Сложные
	Диаграмм	Матриц	Методы аналогий, альтернативных пар, инверсии, комбинированные	
	Мозговой штурм			

Логические методы

Метод ассоциации – выработка новых идей на основе изучения и анализа реального объекта (процесса) с целью оценки возможности использования с полным или частичным сохранением его свойств в новых условиях.

Также оценивается его полная замена на другой объект (процесс) с более эффективным принципом действия и лучшими эргономическими и эстетическими свойствами. Метод базируется на мыслительной способности конструктора.

Метод генерирования идей – поиск и выработка новых идей и решений по определенному виду техники на основе систематизации и логического анализа данных его развития в прошлом и выявления направлений его развития в будущем. При генерировании идей эффективна разработка и использование диаграмм и матриц идей, функционально-структурных классификаций, примеры которых прилагаются.

Эти документы могут быть составлены как по функционально-структурным признакам, так по признаку технико-экономической эффективности практически по любому виду оборудования.

В конструкторских коллективах эффект приносят «мозговые штурмы», проведение конкурсов.

Эвристические методы

Логические методы могут и должны тесно сочетаться с эвристическими.

К простым эвристическим методам относят:

1) **метод элементарных вопросов** – выработка решений путем получения ответов на вопросы: почему так и не иначе, для чего, как, на что похоже?

2) **метод наводящих вопросов** – поиск рациональных решений ведется в режиме «вопрос-ответ» в заданной цепи вопросов по причинно-следственным признакам: дороже или дешевле и почему, быстрее или медленнее и почему, подойдет или не подойдет и почему?

К методам аналогий относят методы подражания объектам живой и неживой природы.

Методы подражания объектам живой природы

Методы подражания объектам живой природы в прошлом и настоящем:

- 1) **биомеханика** – воспроизведение в механических устройствах и производственных процессах движений насекомых, птиц и животных;
- 2) **биоархитектура** – создание монолитных и сотовых конструкций сооружений, емкостей и ограждений в подражание термитам, пчелам, паукам, птицам и т. д.;
- 3) **палеобионика** – использование принципа работы двигательных органов гигантских вымерших животных при создании шагающих экскаваторов, стреловых кранов и манипуляторов и т.д.;
- 4) **антропоморфизация** – придание создаваемым объектам внешней формы, аналогичной человеческому облику (роботы);
- 5) **биокинетика** – разработка устройств с функциями, аналогичными функциям человеческого мозга: системы автоматического управления и регулирования, САПР, АСУ.

Методы подражания объектам неживой природы

Методы подражания объектам неживой природы:

- 1) **репродукция** (воспроизведение очертаний, форм, пропорций и др. особенностей объектов подражания);
- 2) **копирование**;
- 3) **модификация** (замена отдельных узлов и деталей с целью повышения надежности или приспособления изделия к более суровым условиям);
- 4) **конвертирование** (например, замена эксплуатационных материалов – перевод двигателей с бензина или дизтоплива на газ, компрессоров с аммиака на фреон и т. д.);
- 5) **реинтеграция** (создание нового сложного объекта по подобию с относительно простым объектом (ракетные двигатели подобны паяльной лампе, ковши экскаваторов – лопате, буровые коронки – сверлу и т. д.).

Методы альтернативного поиска

Методы альтернативного поиска – конструирование с образованием альтернативных пар вида «прием-антиприем»:

1) **увеличение-уменьшение** (например, числа функций или главных параметров, блоков и модулей, пространственное совмещение или разделение). Площадь опорных поверхностей изделий увеличивают с целью снижения удельных нагрузок или уменьшают для снижения металлоемкости. Создают многоступенчатые и многосекционные конструкции (турбобуры, лопастные насосы, ракеты и т. д.) или простые одноступенчатые и односекционные лопастные конструкции (гидромуфты, гидротрансформаторы, турбины и т. д.);

2) **гиперболизация-миниатюризация** (метод масштабных преобразований): предельное развитие параметрических рядов изделий данного принципа действия в сторону его увеличения или, наоборот, предельное увеличение или уменьшение главного параметра, крупномасштабное воспроизведение технического объекта традиционного принципа действия (гигантские экскаваторы, самолеты, корабли, самосвалы и т. д.) или мелкомасштабное воспроизведение (мини-экскаваторы, мини-автомобили, мини-ЭВМ и т. д.).

Метод инверсии

Метод инверсии (от латинского *inversion* – перестановка, обращение) заключается в поиске решений в направлениях, противоположных традиционным, принимаемым при конструировании данного объекта.

Метод инверсии заключается в перестановке, обращении функций, форм и расположений конструируемых объектов с целью улучшения их использования по назначению.

Инвертирование функций деталей может заключаться в превращении ведущей детали в ведомую, направляющей – в направляемую, подвижной – в неподвижную, охватывающей – в охватываемую деталь.

Инвертирование форм деталей – замена внутреннего конуса на наружный конус, выпуклой сферической поверхности на вогнутую поверхность и т. д.

Инвертирование расположения деталей – перемещение шпонки с вала на ступицу, бойка с рычага на толкатель и т. д.

Примеры использования методов инверсии можно найти во многих нефтепромысловых машинах: в исполнении приводов штанговых насосов, в насосах, в конструкциях винтовых забойных двигателей (ВЗД) и т. д.

Метод мозгового штурма



Понятие метода мозгового штурма

Метод мозгового штурма (мозговой штурм, мозговая атака, англ. *brainstorming*) — оперативный метод решения проблемы на основе стимулирования творческой активности, при котором участникам обсуждения предлагают высказывать как можно большее количество вариантов решения, в том числе самых фантастичных.



Правила проведения мозгового штурма

1. Запрещается всякая критика идей, высказываемых во время проведения мозгового штурма
2. Свободный полет мыслей и поощрение самых «безумных» идей
3. Выдвижение как можно большего количества идей
4. Обязательная фиксация всех идей
5. Инкубация идей



Этапы проведения мозгового штурма

Постановка проблемы

Предварительный этап. В начале этого этапа проблема должна быть четко сформулирована. Происходит отбор участников штурма, определение ведущего и распределение прочих ролей участников в зависимости от поставленной проблемы и выбранного способа проведения штурма.



Генерация идей

В ходе мозгового штурма участники высказывают свои идеи, направленные на решение поставленной задачи, причём как логичные, так и абсурдные.

Участники могут высказывать идеи по очереди, в определенном порядке. Обычно руководитель предлагает высказаться очередному члену группы. Либо каждый участник группы может в любое время высказать свои идеи .



Группировка, отбор и оценка идей

В мозговом штурме принимают участие люди различных чинов или рангов, то рекомендуется заслушивать идеи в порядке возрастания ранжира, что позволяет исключить психологический фактор «согласия с начальством».

Когда все идеи высказаны, производится их анализ, развитие и отбор. В итоге находится максимально эффективное и часто нетривиальное решение задачи



Методы, основанные на принципе (технологии) МОЗГОВОГО ШТУРМА

Брейнрайтинг

Эта методика основана на технике мозговой атаки, но участники группы выражают свои предложения не вслух, а в письменной форме. Они пишут свои идеи на листках бумаги и затем обмениваются ими друг с другом. Идея соседа становится стимулом для новой идеи, которая вносится в полученный листок. Группа снова обменивается листками, и так продолжается в течение определенного времени (не более 15 минут).



Мозговая атака на доске

В рабочих помещениях можно повесить на стене специальную доску, атака на доске чтобы сотрудники размещали на ней листки с записями тех творческих идей, которые придут им в течение рабочего дня. Повесить эту доску следует на видном месте. В центре ее должна быть написана — большими яркими (разноцветными) буквами — требующая разрешения проблема. Любой, у кого возникнет интересная мысль, способная помочь в решении данной проблемы, может приколоть на доску листок с зафиксированной на нем идеей.



Мозговой штурм по-японски

Суть данного метода состоит в том, что на рассмотрение готовится проект новшества. Он передается для обсуждения лицам по списку, составленному руководителем. Каждый должен рассмотреть предлагаемое решение и дать свои замечания в письменном виде. После этого проводится совещание. Как правило, приглашаются те специалисты, чье мнение руководителю не совсем ясно. Эксперты выбирают свое решение в соответствии с индивидуальными предпочтениями. И если они не совпадают, то возникает вектор предпочтений.



Преимущества мозгового штурма

Посредством совместной деятельности специалистов, который отличаются друг от друга опытом, знаниями, видению ближайшего будущего, создаются необходимые условия для синергетического эффекта — «*качественного умножения*» знания (*целое есть больше, чем набор частей*); также новые подходы, перспективы видения и интересные аналогии возникают «*на стыках различных дисциплин, областей человеческой практики*» в ходе обсуждения поставленных проблем качественно отличающимися специалистами

Сам ход обсуждения во время поиска путей решения поставленной задачи наделяется «*особой энергетикой творчества*», духом «*карнавального коллективизма, игры и праздника*»

Доброжелательная обстановка позволяет участникам усвоить навыки критики по существу, научиться импровизировать, а также усиливает положительный настрой и доверие

Талевая система буровых установок



В процессе проводки скважины подъемная система выполняет различные операции. В одном случае она служит для проведения СПО с целью замены изношенного долота, спуска, подъема и удержания на весу бурильных колонн при отборе керна, ловильных или других работах в скважине, а также для спуска обсадных труб. В других случаях обеспечивает создание на крюке необходимого усилия для извлечения из скважины прихваченной бурильной колонны или при авариях с ней. Для обеспечения высокой эффективности при этих разнообразных работах подъемная система имеет два вида скоростей подъемного крюка: техническую для СПО и технологические для остальных операций. В связи с изменением веса бурильной колонны при подъеме для обеспечения минимума затрат времени подъемная система должна обладать способностью изменять скорости подъема в соответствии с нагрузкой. Она также служит для удержания бурильной колонны, спущенной в скважину, в процессе бурения.

Подъемная система установки представляет собой полиспастный механизм, состоящий из кронблока 4, талевого (подвижного) блока 2, стального каната 3, являющегося гибкой связью между буровой лебедкой 6 и механизмом 7 крепления неподвижного конца каната. Кронблок 4 устанавливается на верхней площадке буровой вышки 5. Подвижный конец А каната 3 крепится к барабану лебедки 6, а неподвижный конец Б - через приспособление 7 к основанию вышки. К талевому блоку присоединяется крюк 1, на котором подвешивается на штропах элеватор для труб или вертлюг. В настоящее время талевый блок и подъемный крюк во многих случаях объединяют в один механизм - крюкоблок.

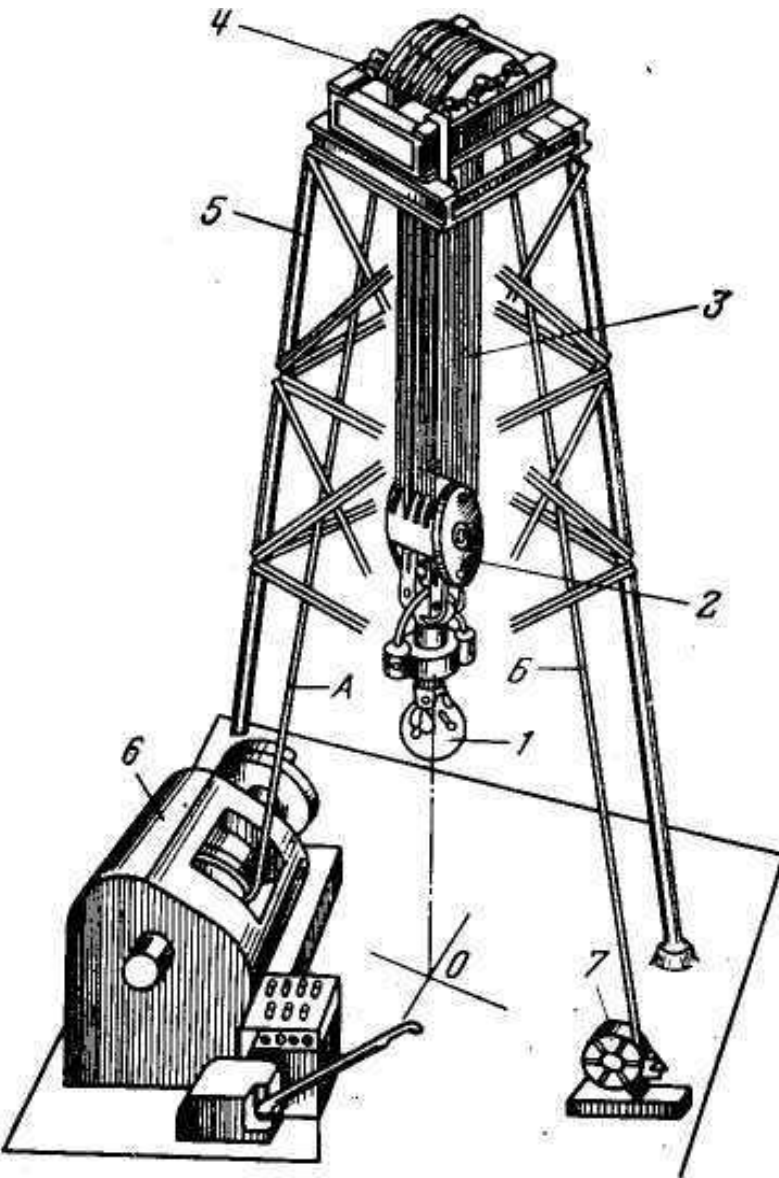


Рис. III.1. Подъемная система буровой установки

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТАЛЕВЫХ СИСТЕМ

Подготовка талевого каната к оснастке:

Диаметр каната и число струн в оснастке выбирают с учетом максимально возможной нагрузки на крюке, при которой был бы двойной запас прочности, а при СПО - тройной, наивыгоднейшим является четырех-пятикратный запас.

Канат необходимой прочности должен иметь диаметр, соответствующий диаметру желоба шкивов талевого блока и кронблока.

Применять в талевых системах канаты с диаметром больше расчетного нельзя ввиду возможности его защемления в желобах шкивов и быстрого износа. Допускается применение канатов диаметром меньше расчетного на 10%.



Фактический коэффициент запаса прочности каната проверяют путем сравнения агрегатной прочности каната, указанной в паспорте, с вероятной наибольшей нагрузкой на канат.

Для осмотра бочку с канатом устанавливают на козлы и вращают барабан по стрелке, указанной на бочке. При перемотке каната недопустимо образование петель и перекруток. Отрезают канат специальной канаторезкой. Перед тем, как отрезать канат, оба будущие его конца должны быть заделаны так, чтобы избежать их раскручивания. Концы заделывают плотной намоткой вязальной проволоки.

Новый канат следует хранить на барабане в помещении или под навесом, исключая попадание влаги в барабан. Ржавые канаты или канаты, имеющие неплотности свивки прядей, порванные проволоки и другие дефекты к эксплуатации не допускаются.

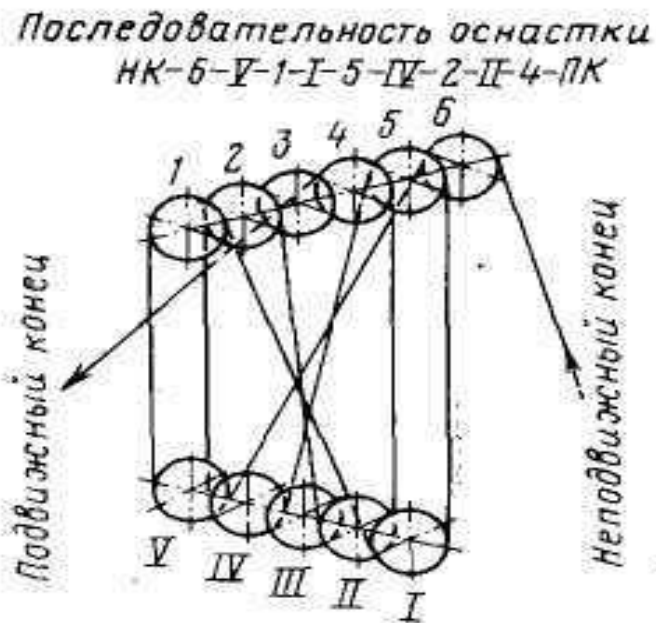
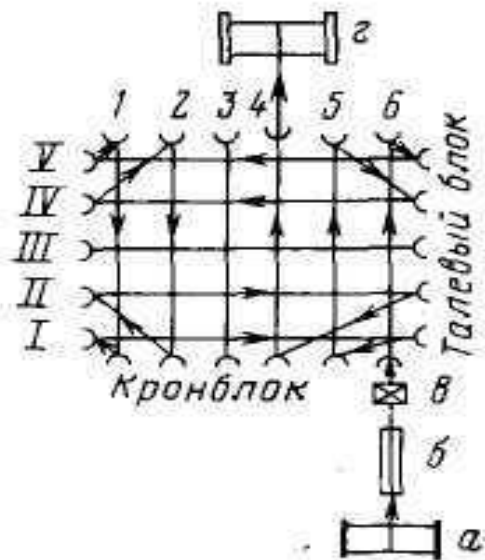


Рис. III.14. Схема крестовой оснастки 5×6 талевой системы:

а — заводской барабан; б — защитная труба; в — механизма крепления неподвижной струны каната; г — барабан лебедки; 1—6 — шкивы кронблока; I—V — шкивы талевого блока

По мере увеличения глубины скважин вес бурильных колонн, которые приходится спускать и поднимать, увеличивается, а максимальная скорость намотки ведущей струны талевого каната на барабан лебедки остается практически неизменной (около 20 м/с) для буровых установок разных классов. Поэтому для каждой установки применяют талевую систему со своей кратностью полиспаста от 4-х до 14. Это достигается применением различных оснасток 2X3; 3X4; ...; 7X8 (здесь первая цифра - число шкивов талевого блока, а вторая - кронблока).

Под оснасткой талевой системы понимается навеска каната на шкивы кронблока и талевого блока в определенной последовательности, исключающей перекрещивание каната и трение его струн друг о друга. В настоящее время создано несколько типов оснастки. Перед тем как приступить к оснастке системы необходимо определить число шкивов в талевом блоке, тип каната, диаметр и разрывное усилие каната. Диаметр каната должен соответствовать размеру канавок шкивов талевого блока и кронблока. При бурении глубоких скважин, когда глубина еще небольшая и бурильная колонна легкая, для ускорения СПО канатом оснащают не все шкивы системы, а только часть. В дальнейшем проводят переоснастку до полного использования всех шкивов. Однако переоснастка трудоемка и не всегда целесообразна



В системах АСП струны каната не должны мешать спуску талевого блока с находящейся в нем свечой. **Неправильно выполненная оснастка** может вызвать трение канатов или закручивание талевого блока, что может привести к аварии.

Буровые лебедки



Лебедка - основной механизм подъемной системы буровой установки.

Она предназначена для проведения следующих операций:

1. спуска и подъема бурильных и обсадных труб;
2. удержания колонны труб на весу в процессе бурения или промывки скважины;
3. приподъема бурильной колонны и труб при наращивании;
4. передачи вращения ротору;
5. свинчивания и развинчивания труб;
6. вспомогательных работ по подтаскиванию в буровую инструмента, оборудования, труб.
7. подъема собранной вышки в вертикальное положение.

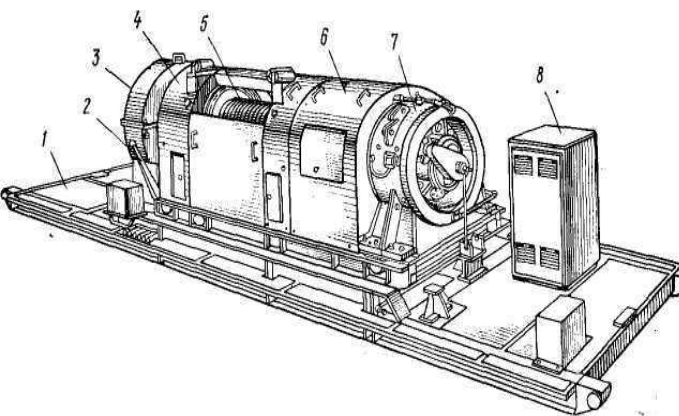


Рис. IV.1. Внешний вид одновальной лебедки ЛБ-750

Современные отечественные буровые лебедки в основном выполняются по двум компоновочным схемам:

На рис. IV.1 показана одновальная лебедка ЛБ-750, смонтированная на общей раме / с вспомогательным тормозом 7 и станцией управления 8. Эта лебедка имеет главный вал с барабаном 5, цепные передачи Зяб, главный тормоз 4 и тормозную рукоятку 2, которая служит для управления лебедкой с поста бурильщика.

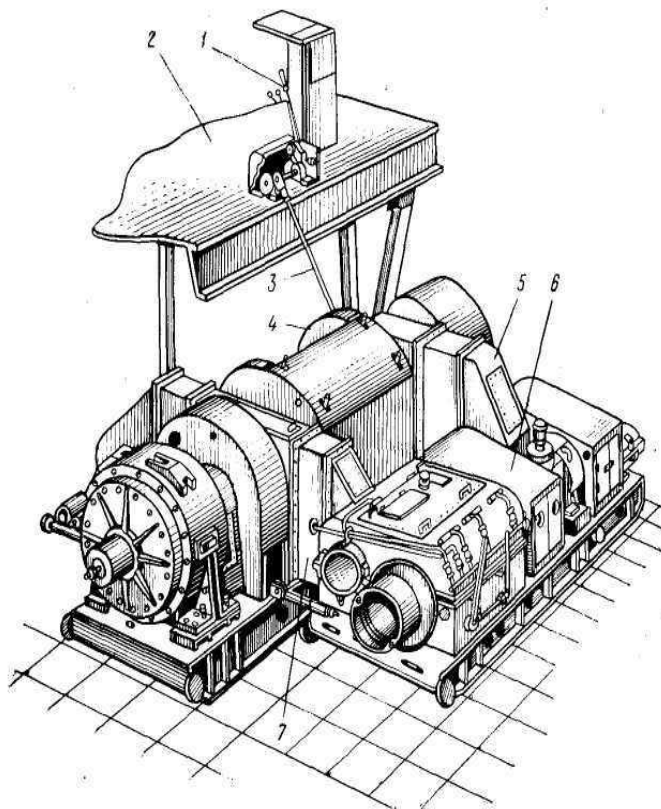


Рис. IV.2. Подъемный агрегат с лебедкой ЛБУ-1100

На рис. IV.2 приведен подъемный агрегат, состоящий из двух блоков - одновальной буровой лебедки ЛБУ-1100 4 и КПП 6,- которые транспортируются отдельно, а при монтаже соединяются в один агрегат. Цепные передачи передач привода барабанного вала лебедки от КПП «тихой» 5 и «быстрой» 7 скоростей закрыты кожухами. Они включаются оперативными пневматическими фрикционными муфтами с пульта управления 1, Расположенного на полу 2 буровой. Главным тормозом лебедки управляют удлиненной тягой 3 также с поста бурильщика.

Двух- и трехвальные лебедки в настоящее время почти не изготавливаются, но на нефтепромыслах они еще применяются.

Двигатели буровых установок



Дизельный двигатель

Четырехтактный, камера сгорания с прямым впрыскиванием топлива, с водяным охлаждением, с турбонаддувом от выхлопных газов.

Может использоваться с агрегатами муфты, дизельгенераторными установками, буровым насосом.



Количество цилиндров и расположение	12,8 -цилиндровый, V-образный, 60° угол
Диаметр цилиндров (мм)	190
Ход поршня(мм)	210
Рабочий объём(л)	71.45/47.6
Коэффициент сжатия	14:1
Температура газа на выходе(°C)	≤600
Температура воды на выходе(°C)	≤90
Температура масла (внутри поддона, °C)	≤95
Стабильный коэффициент регулирования скорости (%)	≤8(для генераторных установок≤5)
Охлаждение	Водяное охлаждение
Смазка	Смазка «барботажа» под давлением
Запуск	воздушный или

Газотурбинные двигатели

Двухвальный газотурбинный двигатель обладает сравнительно высоким запасом крутящего момента. По сравнению с дизелем газотурбинный двигатель обладает более мягкой характеристикой. Способность его резко снижать частоту вращения при загрузке свободной турбины с последующим быстрым выходом на номинальный режим работы является положительной особенностью, благодаря которой упрощаются пусковые устройства в приводе буровой лебедки, насосов и ротора. Работа при «завалах» частоты вращения ограничивается во времени вследствие перегрева двигателя, вызывающего преждевременное сгорание лопаток силовой турбины. По этой причине продолжительность работы газотурбинного двигателя при перегрузках не должна превышать установленных пределов.

Удельная масса газотурбинного двигателя составляет примерно 1,22 кг/кВт и почти в 7 раз меньше, чем дизеля, поэтому значительно уменьшаются масса и габариты привода и всей буровой установки. Возможность непосредственного соединения выводного вала газотурбинного двигателя с валом трансмиссии упрощает конструкцию и повышает к. п. д. привода. Отсутствие водяного охлаждения облегчает запуск и эксплуатацию двигателя в зимних условиях. Моторесурс газотурбинных двигателей при эксплуатации в бурении достигает 9500 ч, а расход масел почти в 10 раз меньше, чем у дизелей.

Схема двухвального газотурбинного двигателя

1. Центробежный компрессор;
2. Турбина привода компрессора;
3. Тяговая турбина;
4. Теплообменник;
5. Камера сгорания.

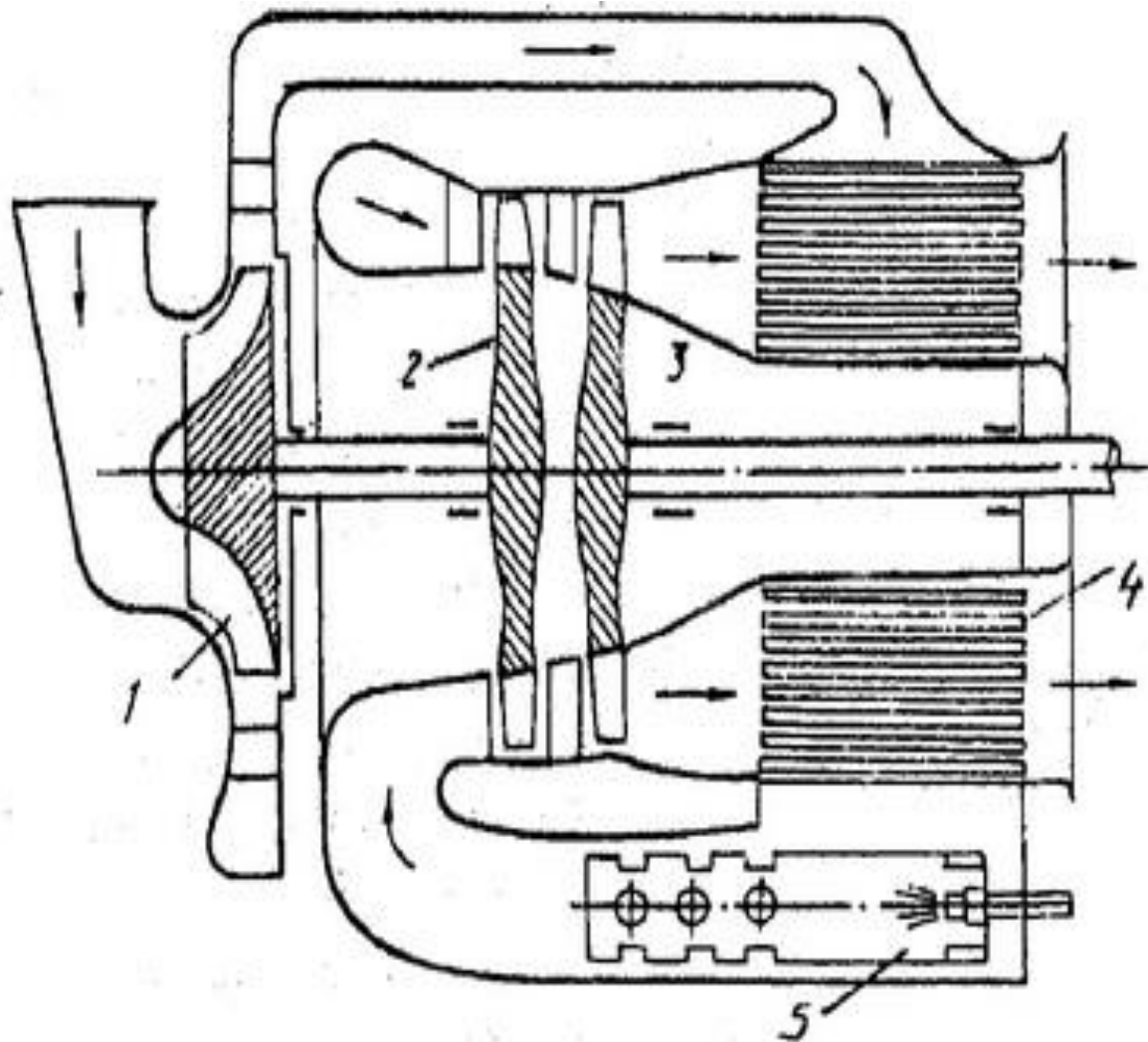


Рис. 6.35. Схема двухвального газотурбинного двигателя

Электродвигатели для буровых установок



Электродвигатель постоянного тока YZ10

Представляет собой электродвигатель постоянного тока большой мощности с независимым возбуждением, предназначенный для использования в верхнеприводной системе электроприводных буровых установок.

Главные особенности электродвигателя постоянного тока

Вертикальная двухвальная конструкция, взрывобезопасность, прямая термометрия, директивная тахометрия, сильный ток, высокий вращающий момент, большой диапазон регулировки скорости, легкость техобслуживания, универсальность, эффективность и надежность.

Рабочие характеристики достигают стандартов импортируемых электродвигателей буровых установок, поэтому они могут использоваться вместе импортных. Электродвигатель также может использоваться в качестве электродвигателя бурового ротора или буровой лебедки на электроприводных буровых установках постоянного тока.

Электродвигатель переменного тока асинхронный

Габаритные и присоединительные размеры электронасоса 1 СМ 3 2-20-1 15/2



Преимущества электродвигателей

1. упрощенная конструкция трансмиссий и оснований установки;
2. нет необходимости подвоза топлива;
3. экономичность и надежность;
4. бесшумность работы и сохранение чистоты окружающей среды;
5. преодоления кратковременных перегрузок

Обеспечение качества и конкурентоспособности изделий

Основные виды обеспечения качества и конкурентоспособности изделия

Конкурентоспособность – совокупность свойств и характеристик, обеспечивающих преимущественную по сравнению с другими изделиями.



Модель конкурентных сил Портера

Патентная чистота – степень воплощения в изделии технических решений, не подпадающих под действие выданных в России патентов исключительного права (для внутреннего рынка), а также выданных в странах предполагаемого экспорта.

Патентная защита изделия – степень защищенности изделия авторскими свидетельствами и патентами в России и в странах предполагаемого экспорта или продажи лицензии (воплощение в изделии отечественных технических решений, признанных изобретением в стране и за рубежом).



Оценка уровня качества изделия

Оценка уровня качества изделий - это совокупность операций, включающая выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми.

Цели оценки уровня качества продукции

Оценка уровня качества продукции необходима при решении следующих *задач*:

- прогнозирование потребностей, технического уровня и качества продукции;
- планирование повышения качества и объемов производства;
- обоснование освоения новых видов продукции;
- выбор наилучших образцов;
- обоснование целесообразности снятия продукции с производства;
- аттестация (сертификация);
- обоснование возможности реализации продукции за рубежом;
- оценка научно-технического уровня разрабатываемых и действующих стандартов;
- контроль качества;
- стимулирование повышения качества;
- анализ динамики уровня качества;
- анализ информации о качестве;

Операции оценки уровня качества изделий на различных этапах их жизненного цикла

1. Оценка проектированного качества продукции (разработка продукции)

2. Оценка качества изготовления продукции (производство продукции)

3. Оценка качества в эксплуатации (потреблении)

Классификация методов измерения значений показателей качества

Методы определения показателей качества

Способ получения информации:

- Измерительный
- Регистрационный
- Органолептический
- Расчетный

Источник получения информации:

- Традиционный
- Экспертный
- Социологический

1-й метод. Способ получения информации

- **Измерительный способ** основан на информации, получаемой с обязательным использованием технических измерительных средств, предусмотренных конструкцией изделия или дополнительных.
- **Регистрационный способ** - используется информация, получаемая путем подсчета (регистрации) числа определенных событий, предметов или затрат. Например, регистрация:
 - количества отказов изделия при испытаниях;
 - затрат на создание и эксплуатацию изделия;
 - числа частей сложного изделия, защищенных авторскими правами и патентами.С помощью этого способа можно определить показатели технологичности, экономичности, патентно-правовые, стандартизации и унификации.
- **Органолептический способ** - используется информация, получаемая в результате анализа восприятия органов чувств. Точность и достоверность результатов при данном методе зависят от способностей, квалификации и навыков лиц, выполняющих эту работу, а также от возможности использования специальных технических средств, повышающих разрешающие способности организма человека (микроскопы, микрофоны и др.).

Этот способ наиболее широко применяется при оценке качества предметов потребления, в том числе продуктов питания, а также их эргономичности, экологичности, эстетичности.
- **Расчетный способ** - основан на использовании теоретических или эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Применяется в основном при проектировании продукции и служит для определения производительности, мощности, прочности и т.п.

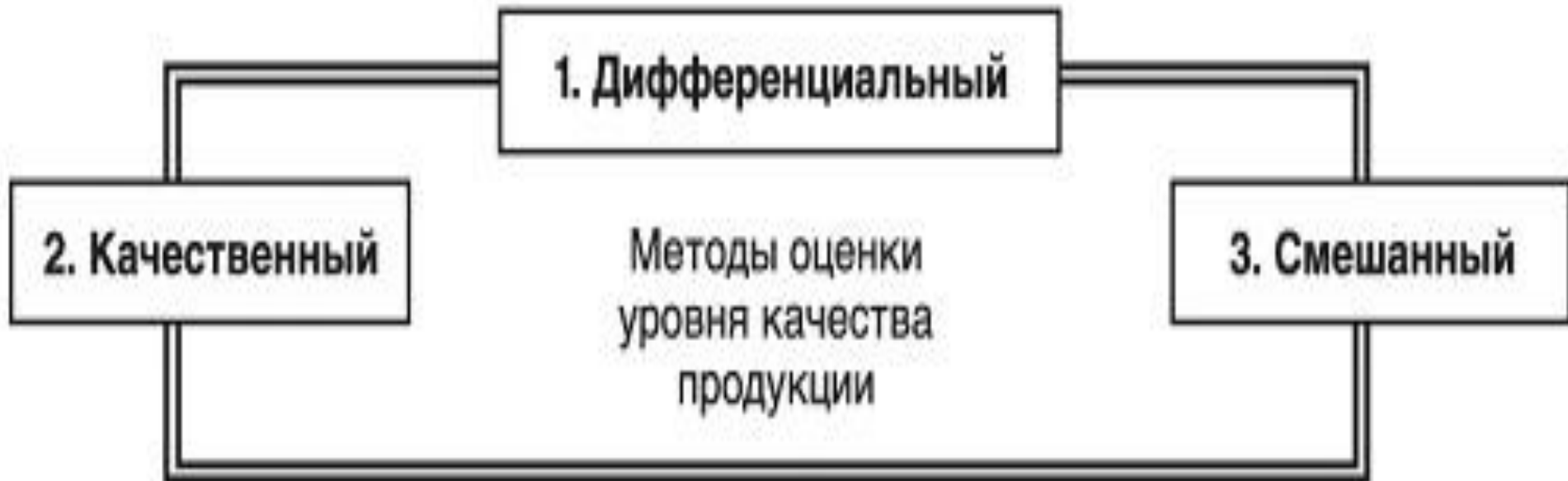
Рассмотренные способы применяются совместно на различных стадиях жизненного цикла продукции.

2-й метод. Источник получения информации

- **Традиционный источник информации** — показатели качества определяются должностными лицами специализированных экспертных лабораторий, полигонов, стендов, конструкторских отделов, вычислительных центров, служб надежности. Информация о показателях формируется в процессе испытаний продукции, условия проведения которых должны быть приближены к нормальным или форсированным эксплуатационным.
- **Экспертный источник информации** — определение значений показателей качества осуществляется на основе решения, принимаемого группой специалистов-экспертов. Этим методом пользуются в тех случаях, когда показатели качества продукции не могут быть определены более объективными способами.
- **Социологический источник информации** — основан на сборе и анализе информации о мнении фактических или возможных потребителей продукции. Сбор информации осуществляется в ходе устного опроса или с помощью распространения анкет, а также путем организации конференций, выставок, аукционов и т.п.

Уровень качества продукции — это относительная характеристика ее качества, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. За базовые могут приниматься значения показателей качества лучших отечественных и зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные о качестве, а также достигнутые в некотором предыдущем периоде времени или найденные экспериментальными и теоретическими методами.

Основные методы оценки уровня качества изделий



Дифференциальный метод — основан на использовании единичных показателей, чтобы определить, по каким из них достигнут уровень базового образца и значения каких наиболее отличаются от базовых.

Расчет относительных показателей качества продукции ведется по формуле:

$$Q_i = P_i / P_{iб}$$

P_i — значение i -го показателя качества оцениваемой продукции;

$P_{iб}$ — значение i -го базового показателя;

$i = 1, \dots, n$ — количество оцениваемых показателей качества.

Если одни относительные показатели по результатам расчетов оказались лучше, а другие хуже, применяют комплексный, или смешанный, метод оценки. Уровень качества оцениваемой продукции, для которого существенно важно значение каждого показателя, считается ниже базового, если хотя бы один из относительных показателей хуже.

Качественный метод — основан на применении обобщенного показателя качества продукции, который представляет собой функцию от единичных показателей. Обобщенный показатель может быть выражен **главным показателем**, отражающим основное назначение продукции, интегральным или средневзвешенным.

Интегральный показатель используется тогда, когда можно установить суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции и суммарные затраты на создание и эксплуатацию продукции. Интегральный показатель может быть рассчитан по следующей формуле:

Средневзвешенные показатели применяют, если нельзя установить функциональную зависимость главного показателя от исходных показателей качества, но возможно с достаточной степенью точности определить параметры весомости усредняемых показателей. Например, средний взвешенный арифметический показатель вычисляется по формуле

Методы определения значений показателей качества продукции

В зависимости от способа получения информации методы определения значений показателей качества продукции подразделяют на:

- измерительный;
- регистрационный;
- расчетный;
- органолептический.

В зависимости от источника информации методы определения значений показателей качества продукции подразделяют на:

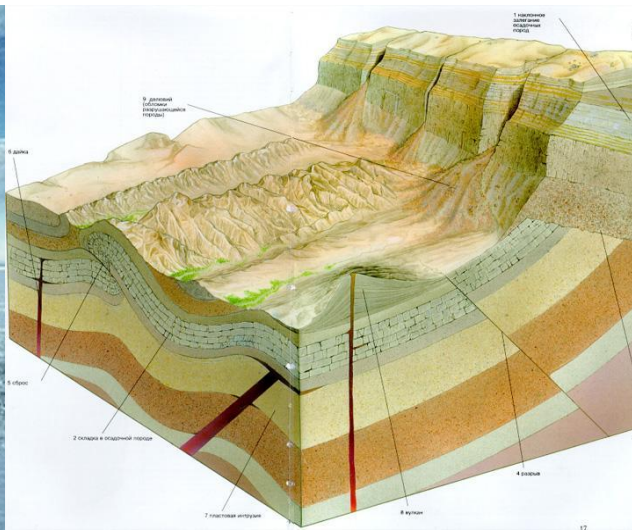
- традиционный;
- экспертный;
- социологический.

**Взаимосвязь между эффективностью
и производительностью
машины, агрегата и их показателями
назначения**

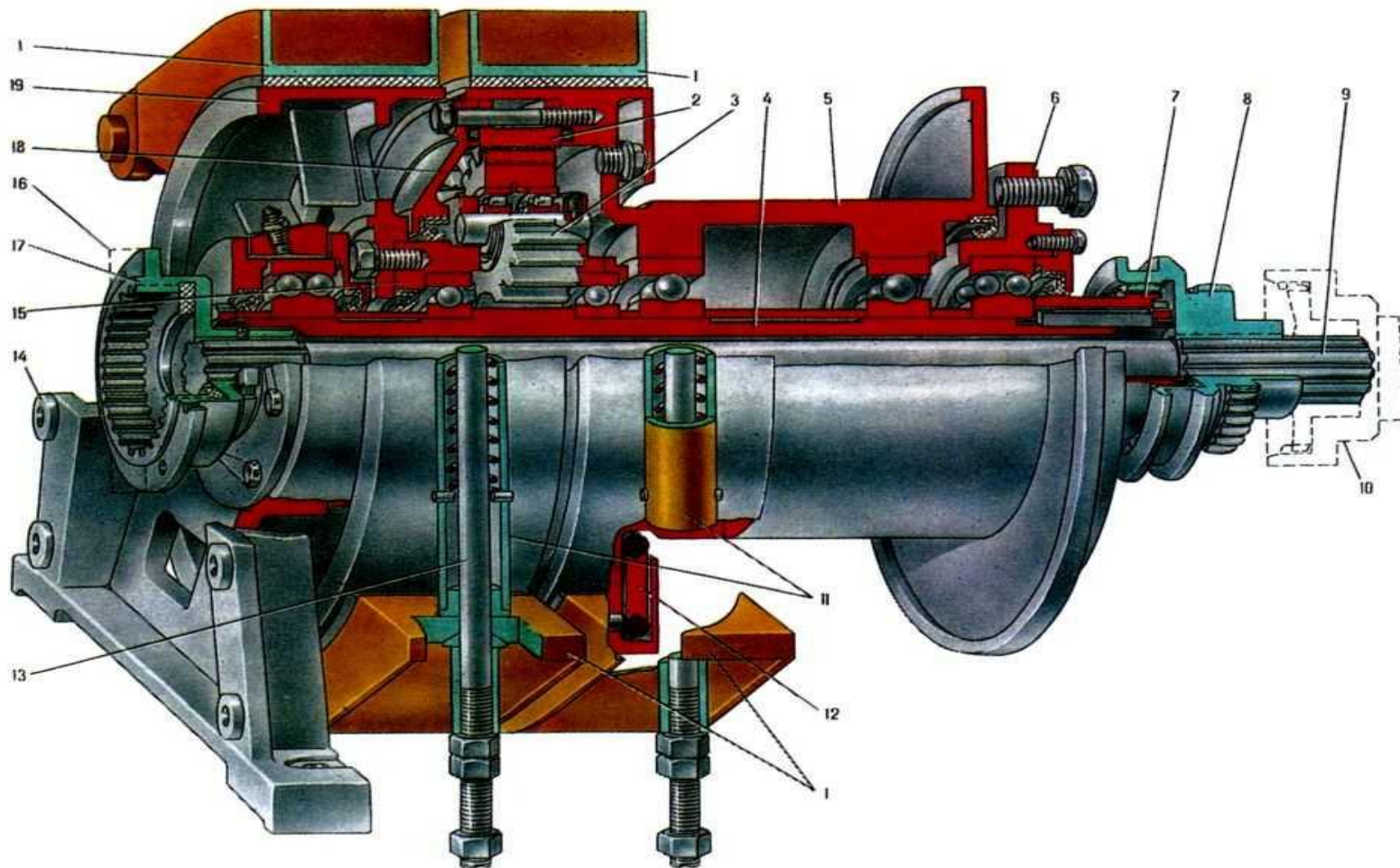


На выбор технологических параметров оборудования нефтегазового комплекса влияет множество факторов

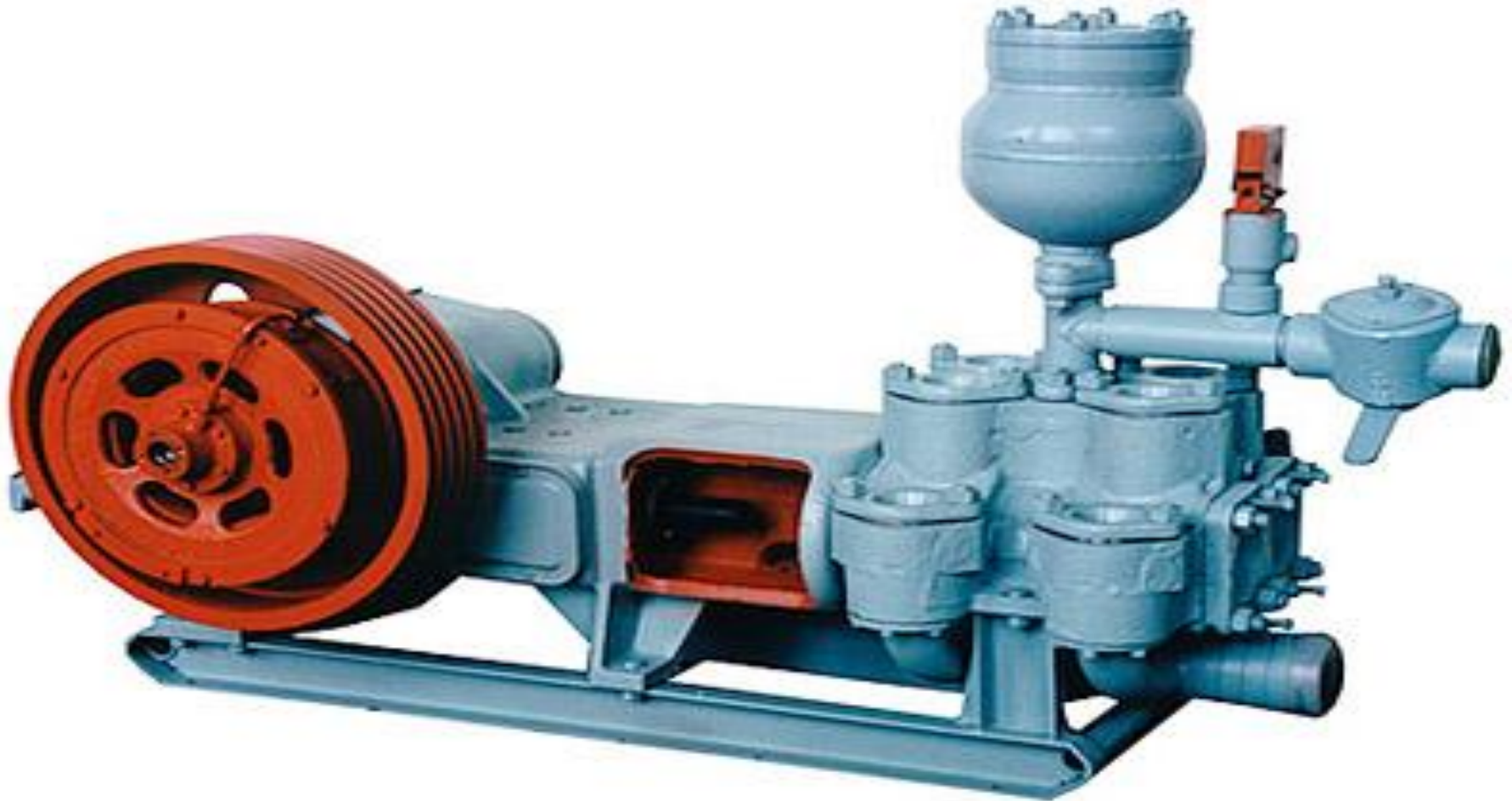
Природно-климатические факторы
Горно-геологические условия
Наличие транспортных и электрических сетей



Буровые лебедки разделяются по нагрузке и расчетной мощности привода



Буровые насосы – по мощности,
подаче и развиваемому давлению



Буровые роторы – по диаметру проходного отверстия и приводной мощности



Критерии работоспособности деталей

Критерии работоспособности деталей

- Одним из определяющих факторов качества машин и оборудования является надежность, проблемы которой решаются на всех стадиях их жизненного цикла. Надежность закладывается на стадиях исследований, расчетов и проектирования, обеспечивается в процессе изготовления путем подбора технологии и контроля качества, сохраняется при хранении и транспортировке на основе соблюдения установленных правил и поддерживается при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.
- Надежность характеризуется основными состояниями, событиями и свойствами.

Состояния изделий, систем и элементов:

- ✓ Работоспособное;
- ✓ Неработоспособное;
- ✓ Исправное;
- ✓ Неисправное.

Несоответствие изделия хотя бы одному требованию документации называют **неисправностью**, которая может приводить или не приводить к отказу изделия.

- Работоспособность – состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции нормально с параметрами, заданными технической документацией.
- Исправность– это состояние изделия, удовлетворяющее как основным, так и вспомогательным требованиям.

К понятию «событие» относят повреждение и отказ, вызывающие переход объекта из одного состояния в другое.

Повреждением называют событие нарушения исправности при сохранении работоспособного состояния.

Отказ – событие полной или частичной утраты работоспособности.

Различают отказы *функционирования*, т. е. приведшие к прекращению выполнения изделием своих функций, и отказы *параметрические*, т. е. приведшие к изменению некоторых параметров объекта в недопустимых пределах (потеря точности станка, снижение давления и подачи насоса, компрессора и т. д.).

Причины отказов могут быть случайными и систематическими.

- **Систематические** отказы появляются вследствие закономерных явлений: усталостных повреждений, коррозии, трения и износа – под воздействием среды, температур, времени и т.д.
- **Случайные** отказы появляются вследствие нештатных перегрузок, дефектов материала и погрешностей изготовления, не обнаруженных при контроле.

Отказы различают:

- По характеру проявления и развития:
 - 1) внезапные (от перегрузок, заедания и т. д.);
 - 2) постепенные по развитию и внезапные по проявлению (короткие замыкания из-за старения изоляции, усталостные разрушения);
 - 3) постепенные (из-за износа, старения, коррозии, залипания).

- По причинам возникновения:
 - 1) конструктивные,
 - 2) технологические
 - 3) эксплуатационные.

- По физической природе:
 - 1) связанные с разрушением деталей объемным и поверхностным (поломки, выкрашивание, износ, коррозия);
 - 2) не связанные с разрушением (засорение каналов подачи и отвода топлива, смазки, рабочей жидкости, ослабление соединений, загрязнение контактов и т. д.);

- По последствиям:
 - 1) легкие (легко устранимые);
 - 2) средние (не вызывают разрушения других узлов);
 - 2) тяжелые отказы (с вторичными разрушениями, травмами, жертвами);

- По возможности дальнейшего использования:
 - 1) полные отказы (исключают работу до их устранения);
 - 2) неполные (допускают работу с понижением параметров – скорости, мощности, нагрузки и т.д.);

- По сложности устранения:
 - 1) отказы, устраняемые в периоды технического обслуживания,
 - 2) отказы, устраняемые в периоды текущих ремонтов;
 - 3) отказы, устраняемые в периоды капитальных ремонтов.

- По месту устранения:
 - 1) в эксплуатационных условиях;
 - 2) в стационарных условиях.

- По времени возникновения:
 - 1) приработочные;
 - 2) при нормальной эксплуатации;
 - 3) износосовые.

Надежность объектов характеризуется сочетанием свойств безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Безотказность – свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого определенного времени работы или наработки.

Долговечность – свойство объекта длительно сохранять работоспособность в течении некоторого определенного времени работы или наработки.

Ремонтпригодность – свойство изделия к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособности путем технических обслуживаний и ремонтов.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности после хранения и транспортирования

Институтами нефтяной и газовой отрасли проведен ряд исследований и испытаний оборудования, позволивших накопить статистические данные и определить законы распределения показателей надежности.

Определены, например, законы распределения наработки на отказ по следующим видам оборудования: станки-качалки, насосные штанги, фонтанная арматура, подъемные установки, насосные агрегаты для кислотной обработки, агрегаты для гидравлического разрыва пласта и т. д.

Алгоритм прогнозирования надежности нефтепромысловых машин:

1. Классификация деталей и сборочных единиц по степени ответственности и установление требований безотказности.
2. Выбор элементов системы, приводящих к ее отказам.
3. Выбор метода прогнозирования (зависит от этапа проектирования, точности исходных данных и принятых допущений).
4. Составление структурной иерархической схемы с расположением сборочных единиц и деталей по уровням в порядке подчиненности и отражением связей между ними (функциональных, силовых, кинематических).
5. Определение надежности элементов с разбиением по уровням на группы:
 - элементы, показатели которых определяют расчетным методом;
 - элементы с заданными показателями надежности;
 - элементы, показатели которых надо определять опытно-статистическим методом или методами испытаний.

6. Определение надежности элементов которых определяется расчетными методами:

- выявляют спектры нагрузок и другие особенности эксплуатации, для
- чего составляют функциональные модели изделия и его элементов;
- устанавливают критерии отказов и предельных состояний и группируют элементы системы по этим критериям;
- выбирают методы расчета элементов системы для каждой из групп, составленных по критериям отказа и предельных состояний;
- проводят расчеты на прочность, долговечность, т. е. в соответствии с ГОСТ 27.301–83 «Надежность в технике. Прогнозирование надежности изделий при проектировании. Общие требования».

7. Проводятся сравнение показателей надежности отдельных деталей, сборочных единиц и комплексов по выбранным конструктивным схемам.

8. Делают вывод о пригодности системы. Если расчетные показатели ее надежности ниже заданных, то разрабатывают

Показатели безотказности

Показатель безотказности - это свойство продукции быть работоспособной в течение определенного времени (или наработки).

Безотказность характеризуют:

- вероятностью безотказной работы*, т. е. вероятностью того, что в пределах определенного времени или во время наработки не возникнет отказ и не нарушится работоспособность;
- средней наработкой до отказа*, что выражается математическим ожиданием времени или объема работы продукции до первого отказа;
- интенсивностью отказов* или плотностью вероятности возникновения отказа невозстановливаемого объекта;
- параметром потока отказов* или плотностью вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта;
- наработкой на отказ*, значение которого определяется как отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

Параметр потока отказов

Параметр потока отказов – плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени.

Формула для определения параметра потока отказов

$$w(L) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(L).$$

Понятие параметр потока отказов выводится из общей схемы отказов машин в эксплуатации, при этом фиксируются только моменты возникновения отказов, время восстановления работоспособности не учитывается.

Моменты отказов формируют поток, называемый потоком отказов.

Ведущая функция потока

В качестве характеристики потока отказов используется ведущая функция потока.

Ведущая функция потока – это математическое ожидание числа отказов за определенную наработку, которая определяется по формуле

$$\Omega(L) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(L).$$

Поток случайных событий

Потоком случайных событий называют последовательность событий, происходящих друг за другом в случайные моменты времени, но подчиняющихся вероятностным закономерностям.

Цепи Маркова

Случайный процесс, при котором накопление деградационных изменений приводит к переходу системы из одного состояния, в данном случае – работоспособного, к другому (неработоспособному) при свойствах процесса, соответствующего пуассоновскому потоку событий, хорошо описывается при помощи цепей Маркова. Потоки отказов и восстановлений можно отнести к процессу Маркова, поскольку объект переходит из одного состояния к другому по мере того, как один из элементов отказывает, а потом восстанавливается и снова вводится в работу. При этом для системы неважно, как это делается – восстановлением элемента или его заменой. Отказы и восстановления элементов представляют собой этапы перехода системы от одного состояния к другому.

Периоды потоков отказов

- **Первый период t_1** – это первоначальный ввод в эксплуатацию. Он сопровождается повышенной интенсивностью отказов внезапного характера. Их причиной являются скрытые дефекты комплектующих, попадание на сборку бракованных элементов, монтажные ошибки и т.д. Эти отказы обнаруживаются в первые же часы или сутки работы (приработочные отказы). В условиях нормальной организации производства изготовитель проводит длительное испытание продукции в заводских условиях, поэтому у покупателя первый период может отсутствовать.
- Интенсивность отказов быстро спадает и стабилизируется на более или менее постоянном уровне. Начинается основной **период t_2 (второй)**. Поток отказов становится пуассоновским. Основной период эксплуатации длится несколько лет. В основном периоде эксплуатации отказы могут быть как внезапными, так и постепенными. Они вызываются деградационными процессами всех видов, а также нарушением правил хранения и использования, воздействием внешней среды и т.д. Математические методы теории надежности применимы именно к этому периоду.
- В последнем **периоде t_3** возрастает и усиливается интенсивность потока отказов, которые приобретают преимущественно постоянный характер. Сказывается износ элементов, старение материалов, коррозия, истечение срока службы деталей и т.д.

Показатели долговечности
Классификация.
Ресурс. Срок службы.

Долговечность

Это свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

Долговечность машин закладывается при их проектировании и конструировании, обеспечивается в процессе производства и поддерживается в процессе эксплуатации.

На долговечность влияют конструкционные, технологические и эксплуатационные факторы, которые по степени своего воздействия позволяют классифицировать долговечность на три вида: **требуемую, достигнутую и действительную.**

Требуемая долговечность задается техническим заданием на проектирование и определяется достигнутым уровнем развития техники в данной отрасли.

Достигнутая долговечность обуславливается совершенством конструкторских расчетов и технологических процессов изготовления.

Действительная долговечность характеризует фактическую сторону использования машины потребителем.

В свою очередь **действительная долговечность** подразделяется на физическую, моральную и технико-экономическую.

Физическая долговечность определяется физическим износом детали, узла, машины до их предельного состояния. Для агрегатов определяющим является физический износ базовых деталей (у двигателя — блок цилиндров, у коробки передач — картер и др.).

Моральная долговечность характеризует срок службы, за пределами которого использование данной машины становится экономически нецелесообразным ввиду появления более производительных новых машин.

Технико-экономическая долговечность определяет срок службы, за пределами которого проведение ремонтов данной машины становится экономически нецелесообразным.

Критерии долговечности

Долговечность определяется двумя условиями - физическим либо моральным износом:

- Физический износ наступает в том случае, когда дальнейший ремонт и эксплуатация элемента или системы становятся уже невыгодными, так как затраты превышают доход в эксплуатации;
- Моральный износ означает несоответствие параметров элемента или системы современным условиям их эксплуатации.

Показатели долговечности

К показателям долговечности отнесено следующее :

- Средний ресурс - это математическое ожидание ресурса;
- Гамма-процентный ресурс – это наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах;
- Назначенный ресурс - суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния;
- Средний срок службы - математическое ожидание срока службы;
- Гамма-процентный срок службы - календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которой он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах;
- Назначенный срок службы - календарная продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено.

Основные показатели долговечности

Средний срок службы (математическое ожидание срока службы) для восстанавливаемого объекта представляет собой среднюю календарную продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние.

Средний ресурс представляет собой среднюю наработку объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после предупредительного ремонта до наступления предельного состояния.

Полный ресурс отсчитывают от начала эксплуатации объекта до его перехода в предельное состояние, соответствующее окончательному прекращению эксплуатации.

Назначенный ресурс - суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния. Аналогично определяются понятия «назначенный срок службы», «назначенный срок хранения».

Остаточный ресурс (остаточный срок службы) - суммарная наработка (календарная продолжительность эксплуатации) объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

Показатели сохраняемости

Классификация

Сохраняемость объекта характеризуется его способностью противостоять отрицательному влиянию условий и продолжительности хранения и транспортирования на его безотказность, ремонтпригодность и долговечность.

К показателям сохраняемости отнесены следующие показатели надежности:

- вероятность безотказного хранения
- вероятность отказа при хранении
- интенсивность отказа при хранении
- средний срок сохраняемости — математическое ожидание сохраняемости;
- гамма-процентный срок сохраняемости — срок сохраняемости достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в %

Гамма-процентный срок сохраняемости – срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах:

где $f_{cx}(t)$ - функция плотности распределения случайной величины T_{cx} - срока сохраняемости объекта.

$$\int_{t_{cx\gamma}}^{\infty} f_{cx}(t) dt = \gamma$$

Средний срок сохраняемости - математическое ожидание срока сохраняемости:

$$\bar{t}_{cx} = \int_0^{\infty} t \cdot f_{cx}(t) dt$$

Назначенный срок хранения — срок хранения, по достижении которого хранение объекта должно быть прекращено независимо от его технического состояния.

Срок сохраняемости - это такая продолжительность пребывания объекта в режимах хранения и/или транспортирования, при которой изменения значений показателей безотказности, ремонтпригодности и долговечности объекта, обусловленные его хранением и транспортированием, находятся в допустимых пределах.

Следует различать сохраняемость объекта до ввода в эксплуатацию и сохраняемость объекта в период эксплуатации (при перерывах в работе). Во втором случае срок сохраняемости входит составной частью в срок службы.

В зависимости от особенностей и назначения объекта срок сохраняемости его до ввода в эксплуатацию может включать в себя срок сохраняемости в упаковке и/или законсервированном виде, срок монтажа и/или срок хранения на другом упакованном и/или законсервированном более сложном объекте

Расчет характерных узлов и деталей нефтяного оборудования

Расчет характерных узлов и деталей нефтяного оборудования

1. Расчет предохранительного клапана

Предохранительный клапан – трубопроводная арматура, предназначенная для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов избыточным давлением, путем автоматического выпуска избытка жидкой, паро- и газообразной среды из систем и сосудов с давлением сверх установленного. Клапан также должен обеспечивать прекращение сброса среды при восстановлении рабочего давления.



Главным и наиболее ответственным требованием, предъявляемым к предохранительным клапанам, является высокая надёжность, включающая в себя:

- безотказное и своевременное открытие клапана при заданном превышении рабочего давления в системе;
- обеспечение клапаном в открытом положении требуемой пропускной способности;
- осуществление своевременной обратной посадки (закрытия) с требуемой степенью герметичности при заданной величине падения давления в системе после аварийного срабатывания и сохранения установленной степени герметичности при последующем возрастании давления до величины *рабочего*;
- обеспечение стабильности работы, то есть сохранение в течение всего срока эксплуатации и заданного числа циклов срабатывания параметров настройки и требуемой степени герметичности запорного органа при рабочем давлении.

Предохранительные клапаны подлежат периодической проверке в специализированной организации или испытанию в действии. Все клапаны должны быть испытаны на прочность, плотность, а также герметичность сальниковых соединений и уплотнительных поверхностей.

Задачей расчета предохранительных клапанов является определение пропускной способности, типа и количества клапанов, подбор пружины к ним, динамических усилий, возникающих при срабатывании предохранительного клапана.

Необходимыми исходными данными для расчета предохранительных клапанов при выполнении проектов отдельных аппаратов являются:

- место установки предохранительного клапана;
- требуемая пропускная способность клапана G , кг/ч;
- избыточное технологическое давление в сосуде или трубопроводе P_1 , МПа;
- расчетное давление P_p , МПа;
- температура среды перед клапаном T_1 , К;
- максимальное избыточное давление за предохранительным клапаном P_2 , МПа;
- фазовое состояние среды;
- состав среды, сбрасываемой через клапан, % мол. или % мас.

Площадь проходного сечения предохранительного клапана рассчитывается по формулам:

- для газа

$$F = \frac{G}{3,16 \times B \times \alpha_1 \sqrt{(P_1 + 0,1) \times \rho_1}}, \text{ мм}^2,$$

- для жидкости

$$F = \frac{G}{5,03 \times \alpha_2 \sqrt{(P_1 - P_2) \times \rho_2}}, \text{ мм}^2,$$

- где P_1 – максимальное избыточное давление перед предохранительным клапаном, равное давлению полного открытия клапана, МПа;
- P_2 – максимальное избыточное давление за предохранительным клапаном, МПа;
- ρ_1 – плотность реального газа перед клапаном при параметрах P_1 и T_1 , кг/м³, принимается по программе расчета ТФС;
- T_1 – температура среды перед клапаном при давлении P_1 , °С;
- α_1 – коэффициент расхода, соответствующий площади для газообразных сред;
- α_2 – коэффициент расхода, соответствующий площади для жидких сред.

Количество предохранительных клапанов определяется по формуле:

$$n = \frac{F}{f}.$$

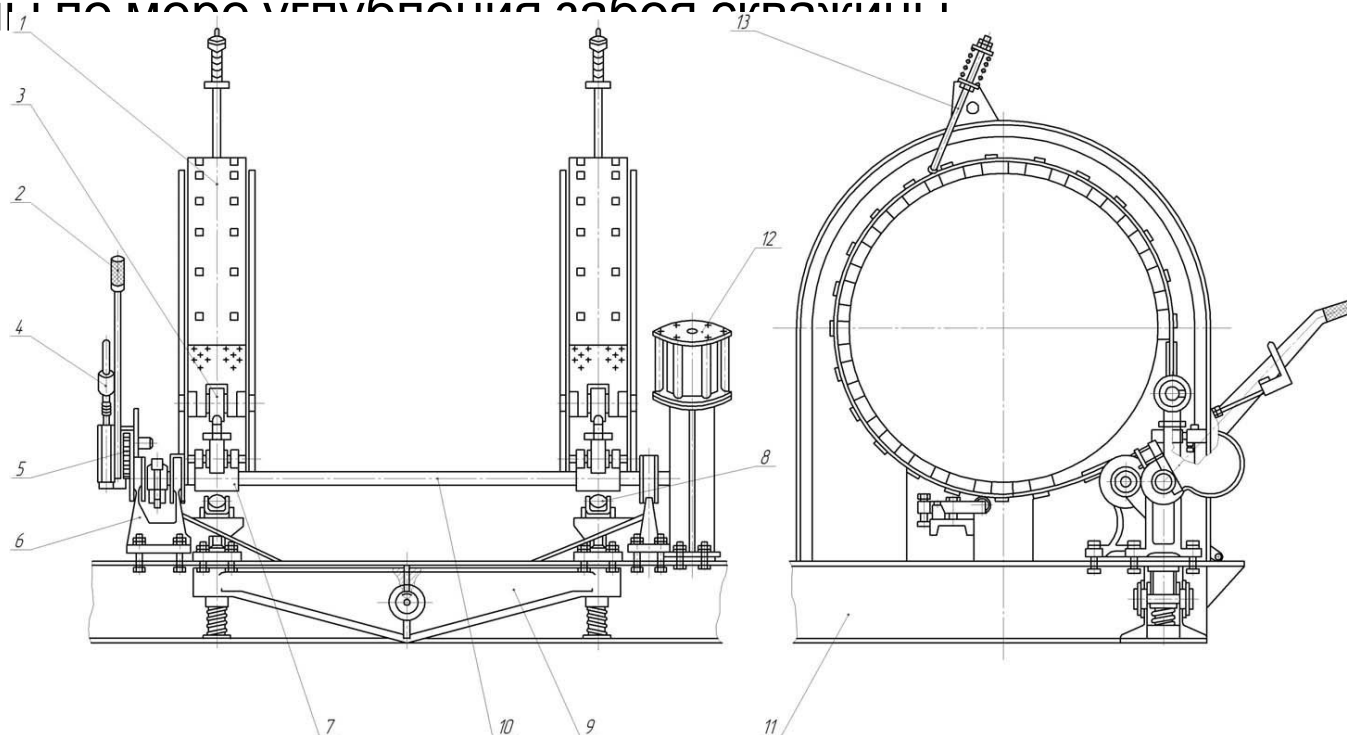
где f , мм² – площадь проходного сечения седла выбранного клапана (табл. 1).

Если число n получается равным или меньшим единицы, то следует остановиться на выбранном диаметре клапана.

Если число n получается больше единицы, то следует принять клапан с большим диаметром или, если это невозможно, установить несколько предохранительных клапанов.

2. Расчет ленточного тормоза буровой лебедки

Ленточный тормоз – основной тормоз буровой лебедки. Он предназначен для остановки и удержания в неподвижном положении буровой колонны и другого инструмента, спускаемого и поднимаемого из скважины. Ленточный тормоз при необходимости может быть использован в качестве вспомогательного. Например, в случаях отказа или недостаточного тормозного момента вспомогательного тормоза лебедки для снижения скорости спуска колонны труб в скважину используется ленточный тормоз. При отсутствии регулятора подачи долота ленточный тормоз служит для поддержания осевой нагрузки на долото и подачи буровой колонны по мере углубления забоя скважины.



Расчётная величина тормозного момента $M_{тл}$, Н·м, является главным параметром ленточного тормоза и определяется по формуле:

$$M_{тл} = K(M'_c + M_{дп} + M_{де})$$

где K - коэффициент запаса торможения (коэффициент надёжности тормоза), $K = 1,2$;

M'_c - статический момент на барабане лебёдки от наибольшего натяжения ходового конца талевого каната при установившемся движении спускаемой в скважину колонны, Н·м

$$M'_c = P_{хк.наиб} \cdot \frac{D_{б}^{max}}{2}$$

где $P_{хк.наиб}$ - наибольшее натяжение ходового конца каната при спуске колонны, Н;

$D_{б}$ - диаметр барабана по последнему ряду навивки каната, м;

$M_{дп}$ - динамический момент на барабане лебёдки от дополнительного натяжения ходового конца талевого каната

$$M_{\partial n} = M_c' \cdot \frac{a}{g} = \frac{M_c' \cdot V_{cnmax}}{t_T \cdot g}$$

где a - замедление колонны при спуске, м/с^2 ;

g - земное ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

V_{cnmax} - максимальная скорость спуска наиболее тяжёлой колонны в момент начала торможения, $V_{cnmax} = 1,0 \dots 1,5 \text{ м/с}$;

t_T - время торможения спускаемой колонны,

$M_{\partial в}$ - динамический момент на барабане лебёдки от натяжения ходового конца каната при торможении вращающихся масс подъёмного вала и талевого системы, $\text{Н}\cdot\text{м}$

$$M_{\partial e} = I \cdot \frac{2 \cdot V_{cn \max} \cdot i_{mc}}{D_{\sigma}^{\max} \cdot t_T}$$

где I - приведённый к расчётному диаметру барабана моментинерции вращающихся масс подъёмного вала и элементов талевой системы при спуске колонны, Н·м·с²;

i_{mc} - число подвижных струн талевой системы;

3. Расчет центробежного насоса

Лопастной насос предназначен для сообщения механической энергии протекающей через него жидкости. Одним из основных органов насоса является рабочее колесо с лопастями, приводимое во вращение соответствующим двигателем. Передача энергии от рабочего колеса происходит путем силового взаимодействия лопастей колеса с обтекающей их жидкостью. При этом изменяются давление и скорость в жидкости, протекающей через рабочее колесо.

В результате работы лопастного насоса при определенной частоте вращения, прошедшая через него жидкость приобретает напор, выраженный в метрах столба этой жидкости.

Величины:

Q - расход через насос или подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H - напор, создаваемый насосом, м;

n - частота вращения ротора насоса, об/мин;

N - потребляемая насосом мощность, Вт

ρ - плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

η - КПД насоса

являются рабочими параметрами, характеризующими работу насоса.

При постоянной частоте вращения параметры H , N , η зависят от подачи Q . Эта зависимость, называемая рабочей или энергетической характеристикой насоса и определяется размерами и формой рабочих органов лопастного насоса.

Задачей расчета насоса является определение размеров и формы рабочих органов насоса, которые бы обеспечили требуемые значения параметров H , Q и N при максимально возможном значении КПД.

Расчет основных параметров и геометрических размеров рабочего колеса насоса

Проектирование производится на основании накопленного опыта создания различных типов насосов. Причем для различных областей применения насосов используется свой подход. В настоящей главе рассматриваются вопросы проектирования стационарных насосов общепромышленного назначения. Отличительной особенностью является их работа в режиме кавитации, что связано с их продолжительной эксплуатацией и необходимостью исключить кавитационные разрушения.

Частота вращения рабочего колеса определяется по формуле Руднева:

$$n = \frac{C \left(\frac{\Delta h_p}{10} \right)^{0,75}}{Q^{0,5}}$$

где C - кавитационный коэффициент
быстроходности выбирается в зависимости от
требований к насосу;

- для длительной работы по 1-му критическому
режиму кавитации $C_1 = 800 \div 1100$;

- для работы насоса на втором режиме кавитации
 $C_2 = 1000 \div 1800$.

Определение диаметра входа в колесо $D_{вх}$:

$$D_{вх} = \sqrt{D_0^2 + D_{см}^2}, \text{ м}$$

$$D_0 = K_0 D_Q$$

где: $D_Q = \sqrt[3]{Q/n}$;

$$K_0 = 3,3 \div 3,7.$$

Экспоненциальный закон распределения

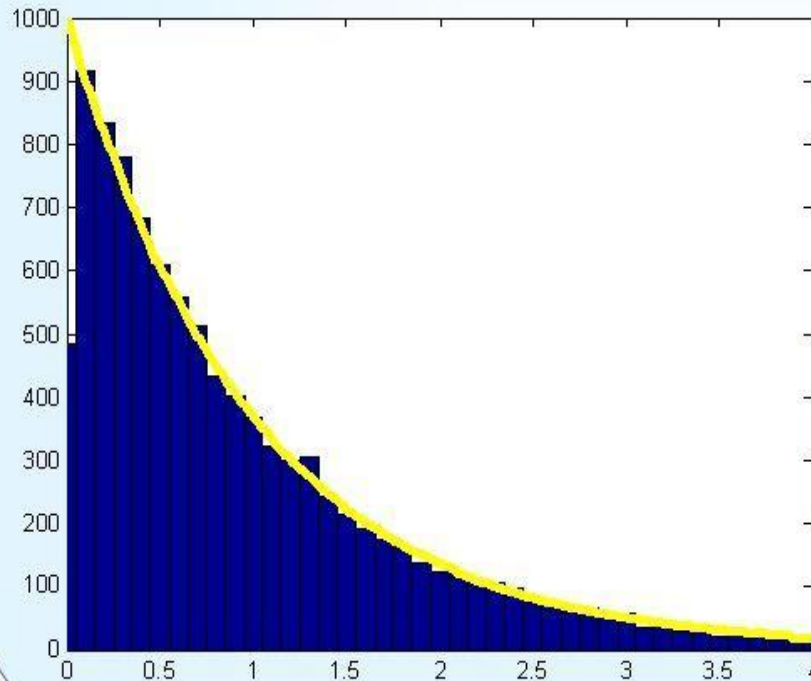
Законы распределения

1. Биномиальный закон распределения.
2. Геометрическое распределение.
3. Гипергеометрическое распределение.
4. Закон распределения Пуассона.
5. Равномерный закон распределения.
6. Нормальный закон распределения (закон Гаусса).
7. Показательный закон распределения.
8. Логарифмически-нормальное распределение.
9. χ^2 распределение.
10. Распределение Стьюдента (t - распределение)
11. Распределение Фишера-Снедекора.

Экспоненциальное распределение

Плотность вероятности

$$p(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad x \in (0, \infty)$$



Математическое ожидание:

$$m_{\xi} = 1/\lambda$$

Дисперсия:

$$D_{\xi} = 1/\lambda^2$$

Предположим, что в начальный момент $x_0 = 0$ элементы численностью N_0 были исправны. При работе происходят отказы этих элементов таким образом, что независимо от проработанного времени x число отказов (ΔN) в небольшом интервале времени Δx пропорционально числу оставшихся исправных элементов N_x , а непосредственно перед отказом элемент находится в исправном состоянии, $\frac{\Delta N}{\Delta x} = -\lambda N_x$, где λ — положительная постоянная, а знак минус свидетельствует о сокращении N_x при работе.

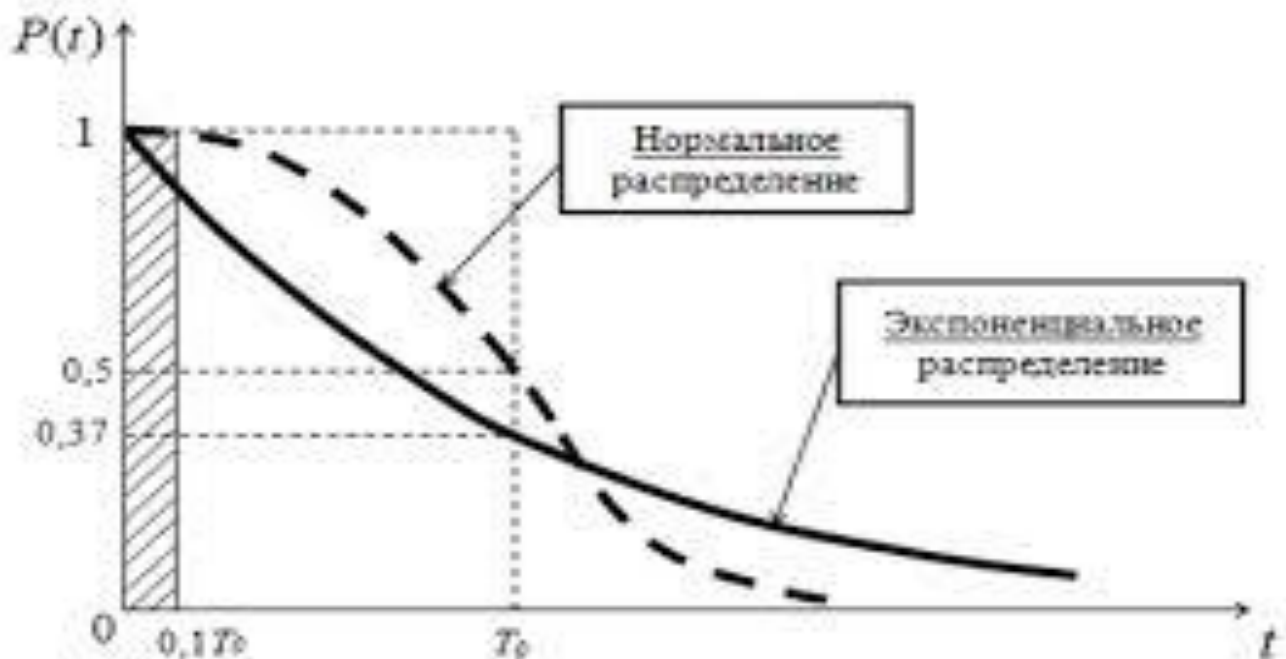


Рис 3.2

- При $x \rightarrow 0$ имеем $\frac{dN}{dx} = -\lambda N_x$; $\frac{dN}{N_x} = -\lambda dx$.

- После интегрирования $\ln N_x = -\lambda x - \ln C$,

- откуда $N_x = C \exp[-\lambda x]$.

При $x_0 = 0$, $C = N_0$, откуда $N = N_0 \exp[-\lambda x]$.

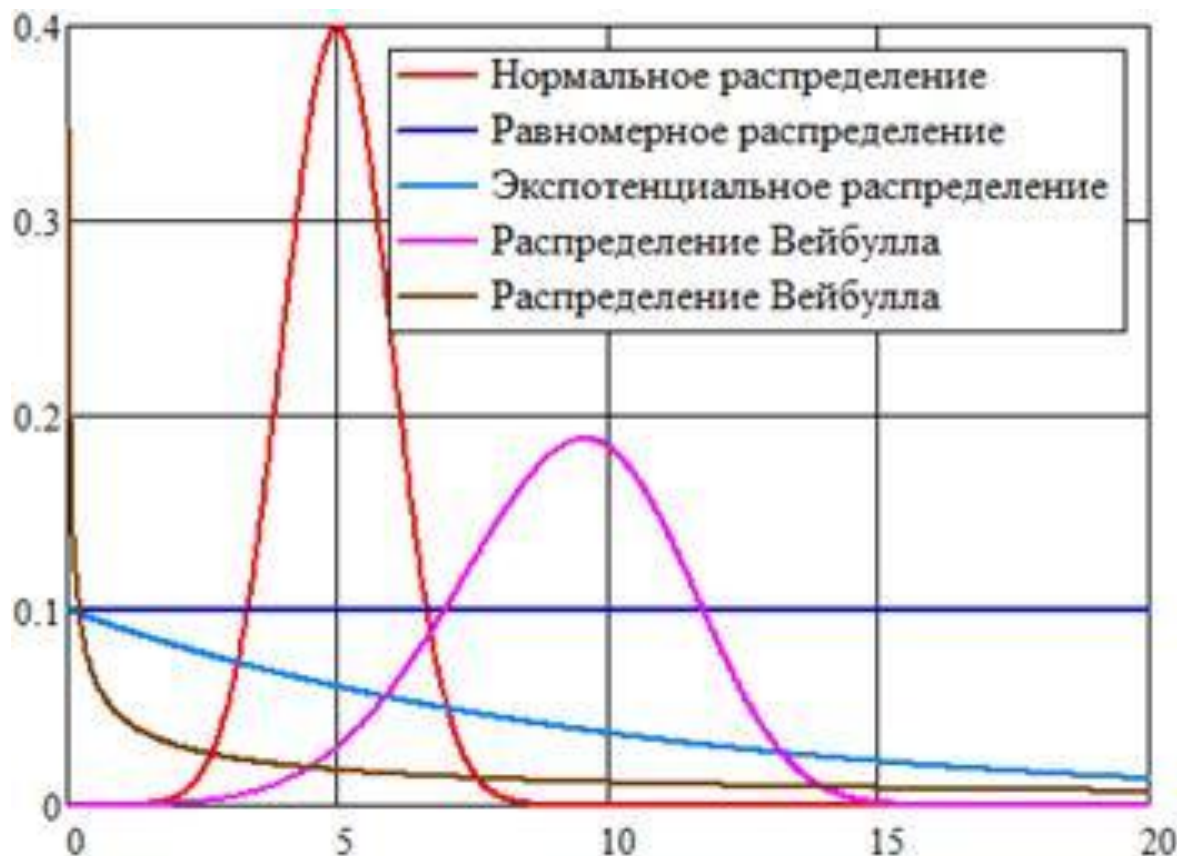
- Но $\frac{N_x}{N_0} = R(x)$, тогда вероятность безотказной работы

$$R(x) = \exp[-\lambda x].$$

- Данное уравнение характеризует вероятность безотказной работы при экспоненциальном законе распределения ресурса до отказа, а λ – параметр потока отказов (называемый также для экспоненциального распределения интенсивностью отказов), равный обратной величине средней наработки на отказ, т.е. $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$
- Плотность распределения для экспоненциального закона описывается уравнением
$$f(x) = \lambda \exp[-\lambda x].$$
- При этом законе распределения коэффициент вариации $\nu = 1$.

Экспоненциальный закон распределения является однопараметрическим (λ), что облегчает расчеты и объясняет широкое его применение на практике. В соответствии с теоремой умножения вероятностей вероятность безотказной работы к моменту $x + \Delta x$ равна вероятности безотказной работы в течение времени x , умноженной на вероятность безотказной работы за время Δx , т. е. $R(x + \Delta x) = R(x)R(\Delta x) = \exp[-\lambda(x + \Delta x)]$, отсюда

$$R(\Delta x) = \frac{\exp[-\lambda(x + \Delta x)]}{R(x)} = \exp[-\lambda\Delta x].$$

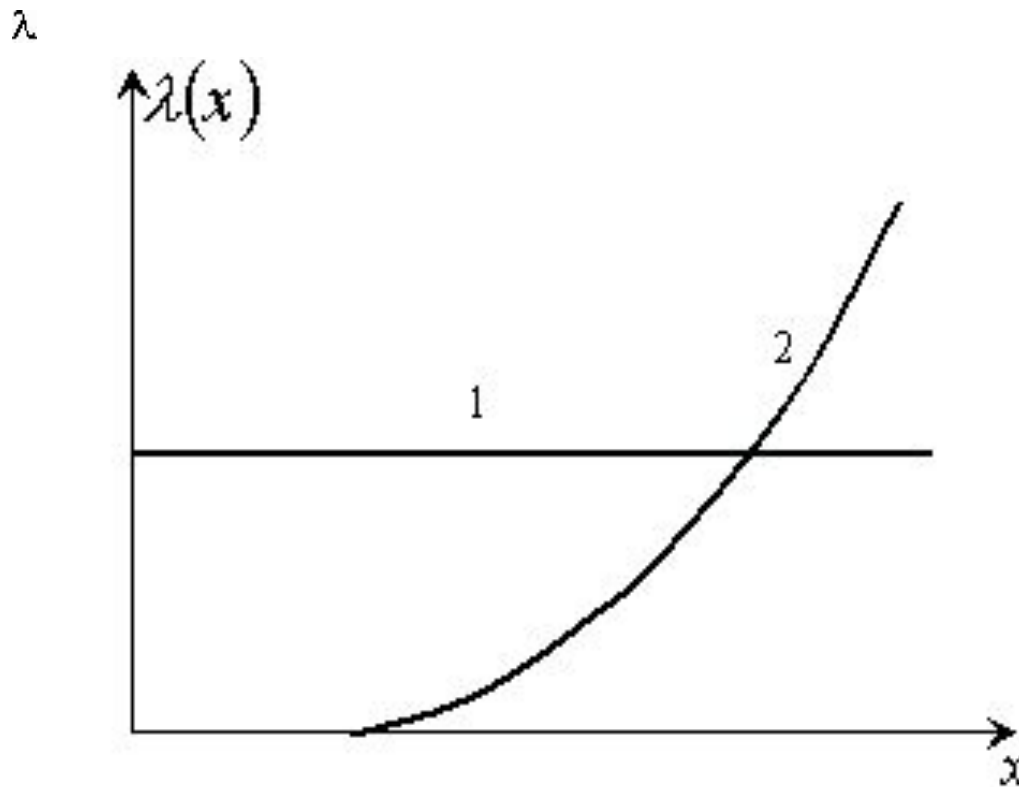


Следовательно, при экспоненциальном законе распределения вероятность безотказной работы не зависит от того, сколько проработало изделие с начала эксплуатации, а определяется конкретной продолжительностью рассматриваемого периода или пробега Δx , называемого временем выполнения задания. Таким образом, рассмотренная модель не учитывает постепенного изменения параметров технического состояния, например, в результате изнашивания, старения и так далее, а рассматривает так называемые нестареющие элементы и их отказы. Экспоненциальный закон используется чаще всего при описании внезапных отказов, продолжительности разнообразных ремонтных воздействий и в ряде других случаев.

- Важным показателем надежности является **интенсивность отказов** $\lambda(x)$ – условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого изделия, определяемая для данного момента времени при условии, что отказа до этого момента не было. Аналитически для получения $\lambda(x)$ необходимо элементарную вероятность $\frac{dm}{dx}$ отнести к числу элементов, не отказавших к моменту x , т. е. $\lambda(x) = \frac{dm}{dx} \frac{1}{n - m(x)}$
- Так как вероятность безотказной работы $R(x) = \frac{n - m(x)}{n}$, $T\lambda(x) = \frac{dm}{dx} \frac{1}{nR(x)}$
- Учитывая, что $f(x) = \frac{1}{n} \frac{dm}{dx}$, получаем $\lambda(x) = \frac{f(x)}{R(x)}$.
- Таким образом, интенсивность отказов равна плотности вероятности отказа, деленной на вероятность безотказной работы для данного момента времени или пробега.

Так как $R(x) = 1 - \frac{mx}{n}$, то $\frac{dR}{dx} = -\frac{1}{n} \frac{dm}{dx}$.

Зная интенсивность отказов, можно для любого момента времени или пробега определить вероятность безотказной работы. На рисунке приведены $\lambda(x)$ для двух характерных случаев: при внезапных и постепенных отказах.



Изменение интенсивности отказов: 1 – для внезапных отказов; 2 – постепенных отказов

Закон распределения Вейбулла – Гнеденко

Экспоненциальные распределения - частный случай т. н. распределений Вейбулла - Гнеденко. Они названы по фамилиям инженера В. Вейбулла, введшего эти распределения в практику анализа результатов усталостных испытаний, и математика Б.В.Гнеденко (1912-1995), получившего такие распределения в качестве предельных при изучении максимального из результатов испытаний.

Пусть X - случайная величина, характеризующая длительность функционирования изделия, сложной системы, элемента (т.е. ресурс, наработку до предельного состояния и т.п.), длительность функционирования предприятия или жизни живого существа и т.д.

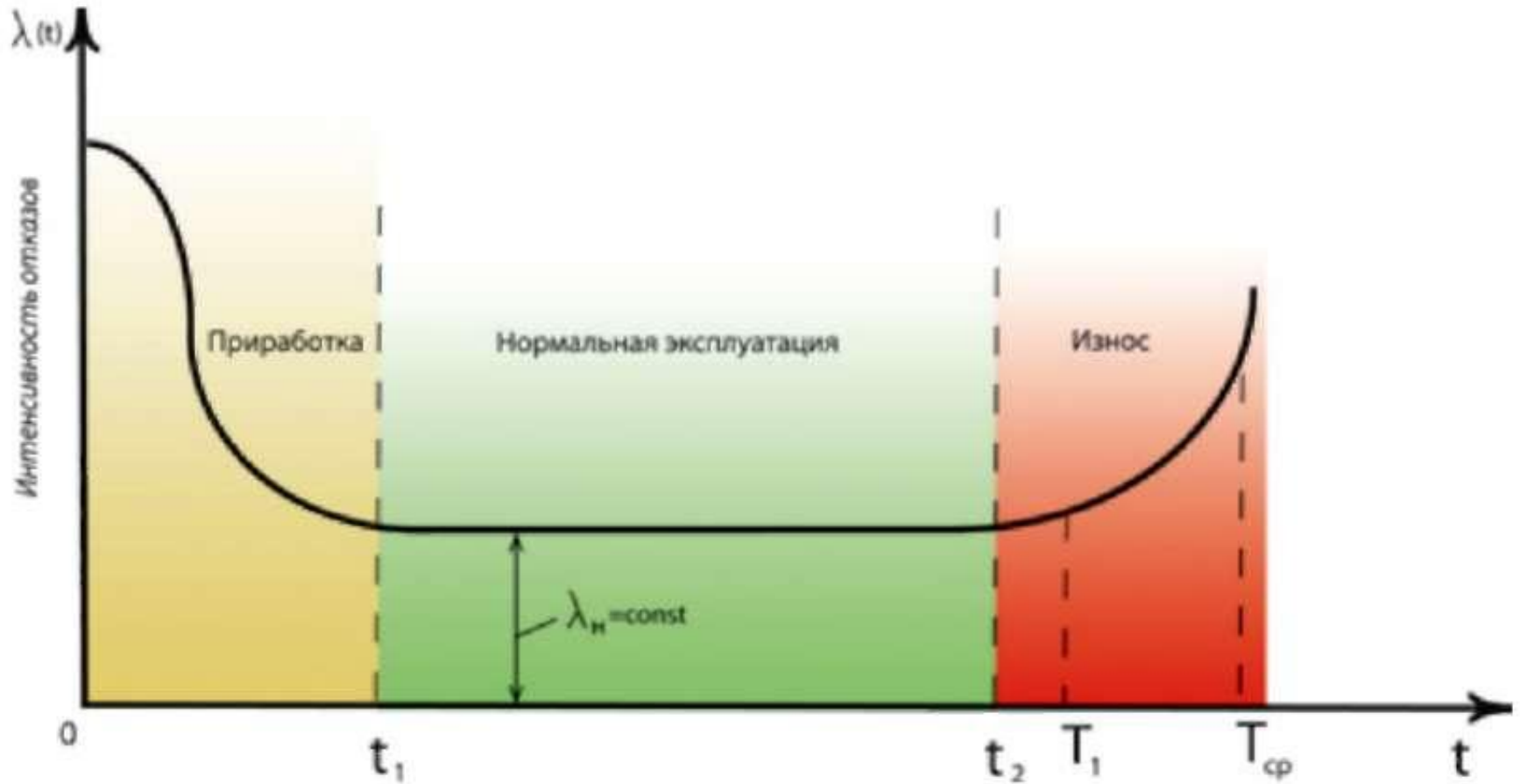
Важную роль играет интенсивность отказа

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{1 - F(x)},$$

где $F(x)$ и $f(x)$ - функция распределения и плотность случайной величины X .

Опишем типичное поведение интенсивности отказа. Весь интервал времени можно разбить на три периода. На первом из них функция $\lambda(x)$ имеет высокие значения и явную тенденцию к убыванию (чаще всего она монотонно убывает). Это можно объяснить наличием в рассматриваемой партии единиц продукции с явными и скрытыми дефектами, которые приводят к относительно быстрому выходу из строя этих единиц продукции. Первый период называют "периодом приработки" (или "обкатки"). Именно на него обычно распространяется гарантийный срок.

Затем наступает период нормальной эксплуатации, характеризующийся приблизительно постоянной и сравнительно низкой интенсивностью отказов. Природа отказов в этот период носит внезапный характер (аварии, ошибки эксплуатационных работников и т.п.) и не зависит от длительности эксплуатации единицы продукции.



Наконец, последний период эксплуатации - период старения и износа. Природа отказов в этот период - в необратимых физико-механических и химических изменениях материалов, приводящих к прогрессирующему ухудшению качества единицы продукции и окончательному выходу ее из строя.

Каждому периоду соответствует свой вид функции $\lambda(x)$. Рассмотрим класс степенных зависимостей

$$\lambda(x) = \lambda_0 b x^{b-1}$$

где $\lambda_0 > 0$ и $b > 0$ - некоторые числовые параметры.

Значения $b < 1$, $b = 1$ и $b > 1$ отвечают виду интенсивности отказов в периоды приработки, нормальной эксплуатации и старения соответственно.

Соотношение при заданной интенсивности отказа $\lambda(x)$ - дифференциальное уравнение относительно функции $F(x)$. Из теории дифференциальных уравнений следует, что

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\int_0^x \lambda(t) dt\right\}.$$

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \exp[-\lambda_0 x^\delta], & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad \lambda_0 x^\delta = \left(\frac{x}{\alpha}\right)^\delta,$$

формула называется распределением Вейбулла - Гнеденко.

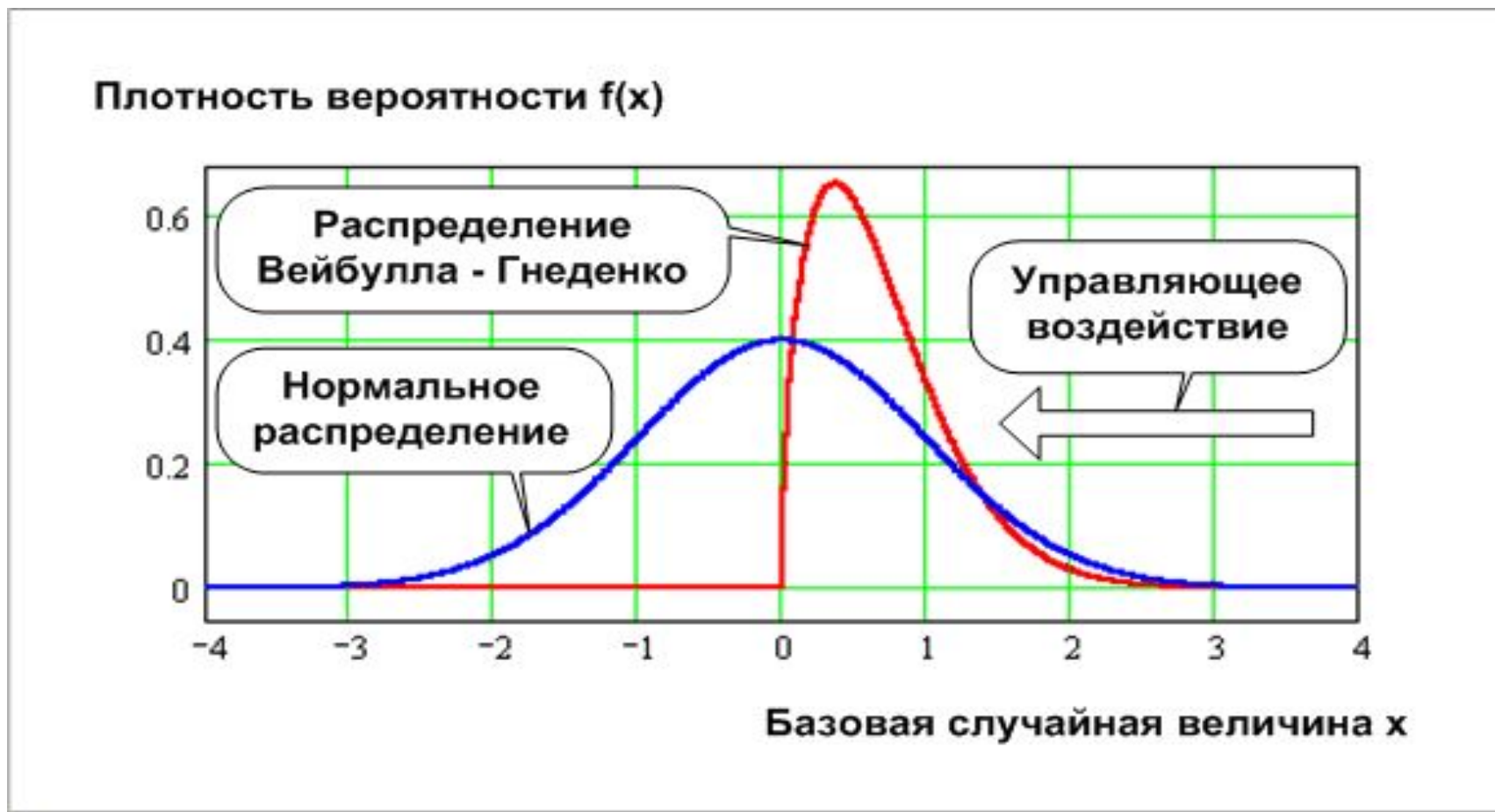
Поскольку

$$\alpha = \lambda_0^{-\frac{1}{\delta}},$$

Плотность распределения Вейбулла - Гнеденко имеет вид

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} \frac{b}{a} \left(\frac{x-c}{a} \right)^{b-1} \exp \left[- \left(\frac{x-c}{a} \right)^b \right], & x \geq c, \\ 0, & x < c, \end{cases}$$

где $a > 0$ - параметр масштаба, $b > 0$ - параметр формы, c - параметр сдвига

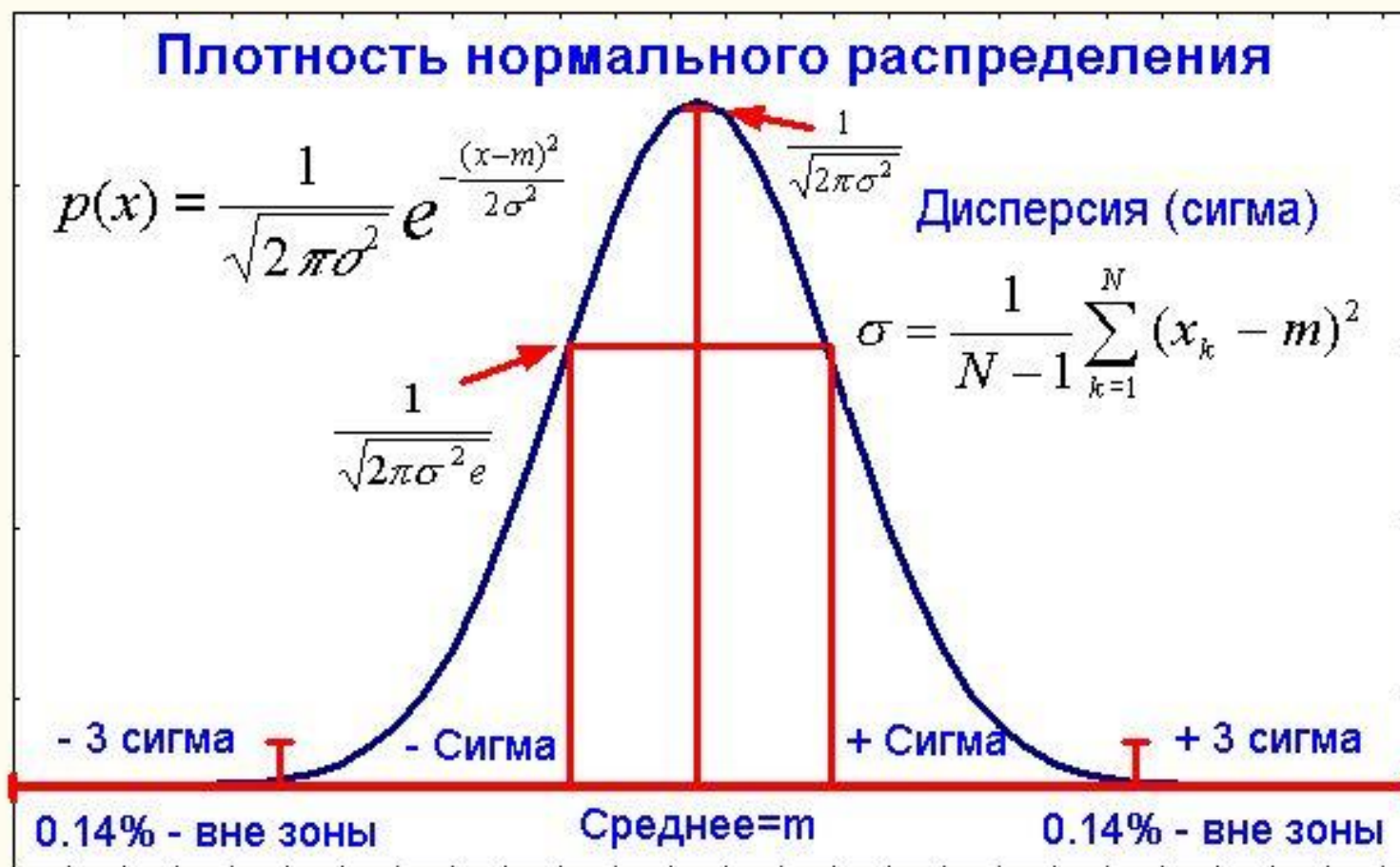


Распределение Вейбулла - Гнеденко применяется также при построении вероятностных моделей ситуаций, в которых поведение объекта определяется "наиболее слабым звеном". Подразумевается аналогия с цепью, сохранность которой определяется тем ее звеном, которое имеет наименьшую прочность. Другими словами, пусть X_1, X_2, \dots, X_n - независимые одинаково распределенные случайные величины,

$$X(1) = \min (X_1, X_2, \dots, X_n), X(n) = \max (X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Нормальное распределение (распределение Гаусса)

Нормальный закон наблюдается в тех многочисленных случаях, когда на измеряемую случайную величину действуют разнообразные факторы, не связанные между собой и равнозначно действующие на случайную величину (например, размеры и износы деталей, наработки на отказ и до предельного состояния, причинами которых являются износы и т. д.).



Нормальный закон распределения характеризуется плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} dx$$

где m_x, s_x - соответственно математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной величины x .

При анализе надежности электроустановок в виде случайной величины, кроме времени, часто выступают значения тока, электрического напряжения и других аргументов. Нормальный закон - это двухпараметрический закон, для записи которого нужно знать m_x и s_x .

Вероятность безотказной работы определяется по формуле

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_t} \int_0^t e^{-\frac{(t-m_t)^2}{2\sigma_t^2}} dt$$

а интенсивность отказов - по формуле

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

На рисунке изображены кривые $\lambda(t)$, $P(t)$ и $f(t)$ для случая $s_t \ll m_t$, характерного для элементов, используемых в системах автоматического управления.

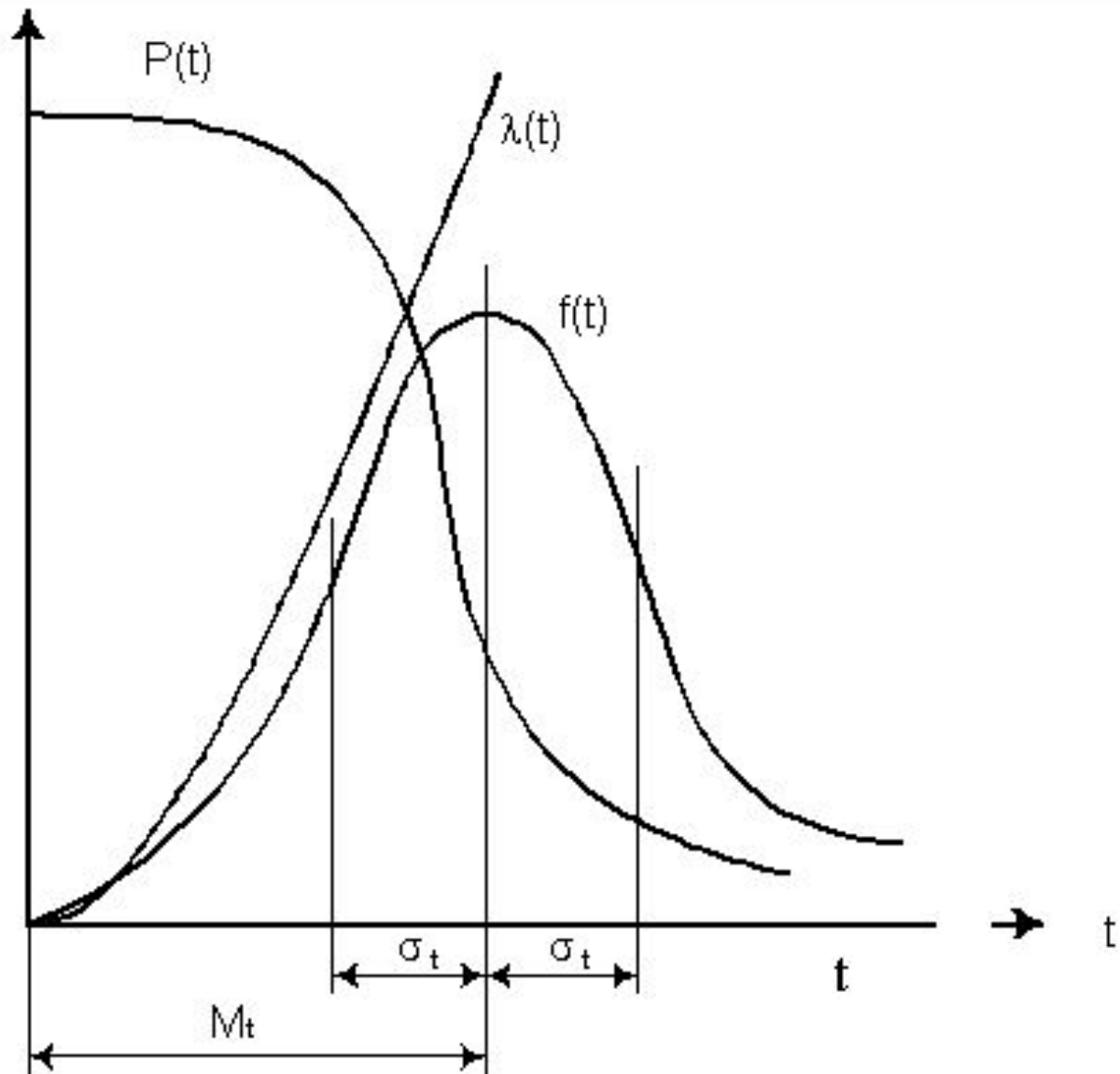


Рис. 3.5. Кривые нормального закона распределения

**Надёжность сложных систем
бурового оборудования и ее
количественная оценка**

Надежность сложных систем бурового оборудования и ее количественная оценка

Сложные системы делятся на два типа: с последовательным соединением элементов — нерезервированные, с параллельным соединением элементов — резервированные.

Система с последовательным соединением элементов (рис. II, 3, а). Если каждый элемент группы имеет одни и те же значения интенсивности отказов, то суммарная интенсивность отказов для группы элементов равна произведению числа элементов N на интенсивность отказов:

$$\lambda_e = N\lambda_i, \quad (\text{II.28})$$

где λ_i — интенсивность отказов одного i -го элемента.

Вероятность отказа элемента определяется по формуле (II.23).

Вероятность безотказной работы системы при последовательном соединении N элементов, т. е. структурная надежность, равна произведению безотказности ее элементов:

$$P_c(t) = P_1 P_2 \cdot \cdot \cdot P_N = \prod_{i=1}^N P_i(t). \quad (\text{II.29})$$

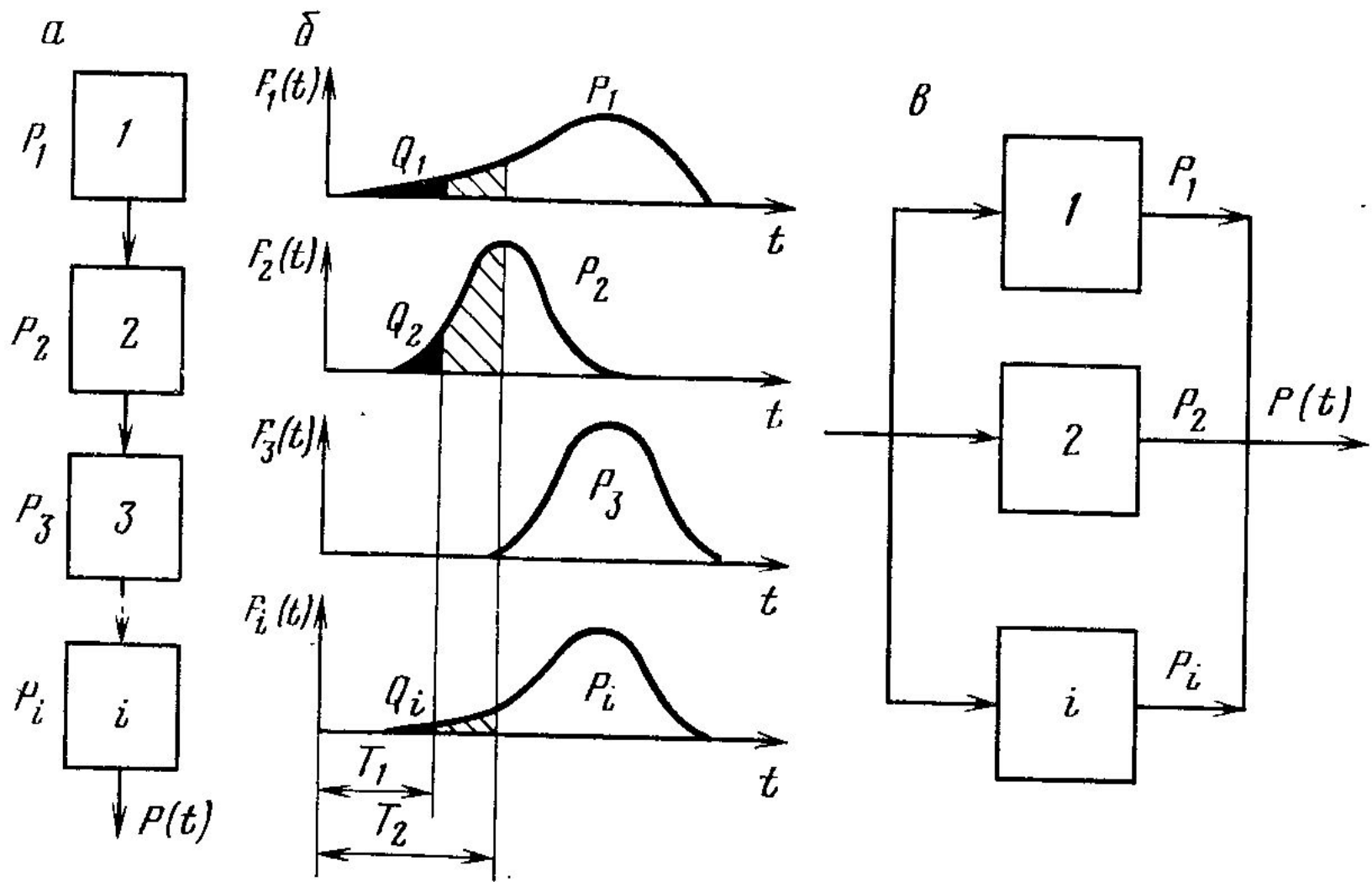


Рис. II.3. Расчетные схемы надежности системы:

a — схема последовательного соединения; **б** — законы распределения сроков службы T_i и интенсивности отказов $F_i(t)$; **в** — схема параллельного соединения; Q_1, Q_2, \dots, Q_i — вероятность отказов; P_1, P_2, \dots, P_i — вероятность безотказной работы

При одинаковой надежности последовательно соединенных элементов формула (II.29) примет вид

$$P_c(t) = P_i^N(t). \quad (\text{II.30})$$

Если причина выхода машины из строя связана только с внезапным отказом, который подчиняется экспоненциальному закону, но с различной интенсивностью отказов

$$P_1 = e^{-\lambda_1 t}; \quad P_2 = e^{-\lambda_2 t}; \quad \dots; \quad P_N = e^{-\lambda_N t}, \quad (\text{II.31})$$

то, сделав подстановку в формуле (II.29), получим

$$P(t) = \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N)t} = e^{-\lambda_e t}, \quad (\text{II.32})$$

где $\lambda_e = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N$.

Вероятность безотказной работы сложной системы в этом случае подчиняется экспоненциальному закону.

Для последовательного соединения элементов наиболее характерен случай, когда отказ одного элемента выводит из строя всю систему. Например, большинство приводов исполнительных механизмов буровой установки подчиняется этому условию, так как в этих приводах работают последовательно двигатель, трансмиссия с цепной или клиноременной передачей, муфты включения, органы управления насос, лебедка или ротор и т. д. При выходе одного элемента из строя прекра-

щает функционировать вся система. Отсюда видно, что увеличение числа последовательно работающих элементов влечет за собой снижение надежности системы, которая ниже надежности наименее надежного из ее элементов.

Системы с параллельным соединением элементов (резервированные). Для повышения надежности сложных систем часто применяют резервирование т. е. параллельное включение двух и более объектов (рис. II.3, в). Например, двухдвигательный привод лебедки или два-три насосных агрегата, установленные параллельно. При отказе одного из объектов второй выполняет полностью или частично его функции, не останавливая, например, процесса подъема буровой колонны или бурения. При постоянном (нагруженном) резервировании, когда основной и резервный объекты работают параллельно в одинаковом режиме, вероятность безотказной работы $P(t)$ может быть определена следующим образом. Пусть Q_1, Q_2, \dots, Q_N — вероятность отказа каждого объекта за время $t=T$. Тогда полный отказ системы — это сложное событие, которое произойдет, если откажут все элементы или объекты; вероятность совместного отказа всех элементов $Q(t)$ (по теории умножения) составит

$$Q(t) = Q_1 Q_2 \cdot \dots \cdot Q_N = \prod_{i=1}^N Q_i. \quad (\text{II.33})$$

Безотказность системы с параллельным резервированием объектов

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \prod_{i=1}^N Q_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - P'_i(t)], \quad (\text{II.34})$$

где $P'_i(t)$ — вероятность безотказной работы i -го элемента при параллельном соединении.

Если элементы равнонадежны, то

$$P(t) = 1 - [1 - P'_i(t)]^N. \quad (\text{II.35})$$

Вероятность безотказной работы объекта со смешанной системой соединений, в которой элементы соединены последовательно и параллельно, имеет следующий вид:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t) \left[1 - \prod_{i=1}^N (1 - P'_i(t)) \right]. \quad (\text{II.36})$$

Если вероятность безотказной работы каждого объекта, например бурового насоса, $P_1 = P_2 = 0,7$, а число насосов, работающих параллельно, $N = 2$, то $P(t) = 1 - (0,3)^2 = 0,91$. Отсюда видно, что параллельное резервирование резко повышает вероятность безотказной работы.

Методы повышения надежности технических устройств на стадии расчетно- конструкторских работ

Сложными называют системы (объекты), в которых отказы отдельных составных частей (элементов, блоков, подсистем) не приводят к полному отказу всей системы (объекта), а вызывают снижение эффективности функционирования. Иначе говоря, сложные системы это такие системы, в которых могут возникать частичные отказы и, следовательно, число состояний такой системы, по крайней мере, больше двух.

Сложные системы характеризуются следующими свойствами:

- 1) значительным числом состояний системы;
- 2) многофункциональностью;
- 3) значительным числом функционально связанных между собой элементов;
- 4) отсутствием необходимости в одновременной работе всех элементов, блоков и подсистем системы;
- 5) наличием естественной и искусственной избыточности;
- 6) многократной восстанавливаемостью;
- 7) неоднозначностью понятия «отказ».

Характеристиками сложных систем являются: качество, эффективность, безопасность, долговечность, готовность, живучесть, риск. Все эти характеристики зависят от надёжности системы.

Свойства, обуславливающие надёжность системы – безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость влияют на полноту и качество выполнения возложенных на систему задач, а, следовательно, влияют на общую оценку функционирования системы.

Понятие безотказности для сложных систем шире, чем для простых.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности. Для сложных систем это нарушение работоспособности может быть полным или частичным, что выражается соответствующим снижением уровня качества функционирования системы. Кроме того, отказ некоторых элементов сложной системы может не приводить к снижению уровня качества функционирования сложной системы при выполнении данной задачи, так как эти элементы не используются в данный момент. Такие отказы также считают частичными отказами системы.

Снижение уровня качества функционирования называют **спадом функционирования**. Отказы элементов сложной системы могут лишь снижать характеристики её качества и эффективности функционирования. Понятия качества и эффективности функционирования, в принципе, независимы от понятия надёжности. Ведь можно рассматривать идеальные (абсолютно безотказные) системы и сравнивать их по количественным показателям качества и эффективности функционирования.

Однако, если составные части (элементы) системы могут отказывать, то это существенным образом сказывается на качестве функционирования и выходном эффекте системы. В таких случаях под надёжностью системы следует понимать стабильность показателей качества и эффективности функционирования системы.

Стабильность этих показателей влияет на общую оценку функционирования системы, зависит от надёжности элементов и характеризует надёжность системы в целом.

Обычно используемые показатели, как, например, «параметр потока отказов», «наработка на отказ» и т.п. не могут дать полной оценки надёжности сложной системы, так как они учитывают лишь факт появления или отсутствия отказов в элементах системы и не дают никакого представления о влиянии отказов на конечный эффект функционирования сложной системы, поскольку сложная система может выполнять ту или иную свою задачу, даже если некоторые её элементы отказали.

Показатели качества и эффективности функционирования системы определяются задачами, стоящими перед системой, и только выбор этих показателей окончательно формулирует задачи системы.

Для формулирования задачи системы надо чётко определить критерии эффективности её функционирования. Обычно это задача заказчика. При этом возможно комбинировать различные критерии с их «коэффициентами важности».

Тогда возможно получение одного общего критерия, так как сравнивать различные системы и получать однозначный ответ можно только по одному критерию. Когда определён этот критерий, дающий общую оценку функционирования системы, можно говорить о показателях надёжности.

Эксплуатация любой сложной системы представляет собой последовательность различных состояний – хранения, работы, технического обслуживания, ремонта.

К основным направлениям работ по повышению надёжности технических систем можно отнести следующие *группы мероприятий по повышению надёжности ТС* при их проектировании:

- **системные;**
- **структурные (схемные);**
- **конструктивные;**
- **эксплуатационные.**

Обеспечение надёжности сложных технических систем в условиях эксплуатации

Надёжность технических систем в условиях эксплуатации определяется рядом эксплуатационных факторов, таких как, квалификация обслуживающего персонала, качество и количество проводимых работ по техническому обслуживанию, наличие запасных частей, использование измерительной и проверочной аппаратуры, а также наличие технических описаний и инструкций по эксплуатации.

В первом приближении можно принять, что все отказы, возникающие в процессе эксплуатации, являются независимыми. Поэтому надёжность всей системы при предположении независимости отказов равна:

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \quad (3.1)$$

где R_1 ; R_2 ; R_3 - вероятности безотказной работы системы соответственно по непрогнозируемым внезапным отказам, внезапным отказам, которые могут быть предотвращены при своевременном техническом обслуживании, и постепенным отказам.

Одной из причин отсутствия отказов элементов системы является качественное техническое обслуживание, которое направлено на предотвращение прогнозируемых внезапных отказов. Вероятность безотказной работы системы, обусловленная качеством обслуживания, равна:

где $R_i^{об}$ – вероятность безотказной работы i -го элемента, связанная с техническим обслуживанием.

По мере совершенствования обслуживания значение вероятности безотказной работы $R_{об}$ приближается к единице.

Замена элементов с возрастающей во времени интенсивностью отказов возможна во всех сложных технических системах. С целью уменьшения во времени интенсивности отказов вводят техническое обслуживание системы, которое позволяет обеспечить поток отказов у сложных систем с конечной интенсивностью в течение заданного срока эксплуатации, т.е. сделать близким к постоянному.

В процессе эксплуатации при техническом обслуживании интенсивность отказов системы, с одной стороны, имеет тенденцию к увеличению, а с другой стороны, - тенденцию к уменьшению в зависимости от того, на каком уровне проведено обслуживание. Если техническое обслуживание проведено качественно, то интенсивность отказов уменьшается, а если это обслуживание проведено плохо, то увеличивается.

Используя накопленный опыт, можно всегда выбрать тот или иной объем функционирования, который обеспечит нормальную работу системы до очередного технического обслуживания с заданной вероятностью безотказной работы. Или, наоборот, задаваясь последовательностью объемов функционирования, можно определить приемлемые сроки проведения технического обслуживания, обеспечивающего работу системы на заданном уровне надёжности.

Пути повышения надёжности сложных технических систем при эксплуатации

Для повышения надёжности сложных технических систем в условиях эксплуатации проводят ряд мероприятий, которые можно подразделить на следующие четыре группы:

- 1) разработку научных методов эксплуатации;**
- 2) сбор, анализ и обобщение опыта эксплуатации;**
- 3) связь проектирования с производством изделий;**
- 4) повышение квалификации обслуживающего персонала.**

Научные методы эксплуатации включают в себя научно обоснованные методы подготовки изделия к работе, проведения технического обслуживания, ремонта и других мероприятий по повышению надёжности сложных технических систем в процессе их эксплуатации. Порядок и технологию проведения этих мероприятий описывают в соответствующих руководствах и инструкциях по эксплуатации конкретных изделий. Более качественное выполнение эксплуатационных мероприятий по обеспечению надёжности изделий машиностроения обеспечивается результатами статистического исследования надёжности этих изделий. При эксплуатации изделий большую роль играет накопленный опыт. Значительную часть опыта эксплуатации используют для решения частных организационно-технических мероприятий. Однако накопленные данные необходимо использовать не только для решения задач сегодняшнего дня, но и для создания будущих изделий с высокой надёжностью.

Большое значение имеет правильная организация сбора сведений об отказах. Содержание мероприятий по сбору таких сведений определяется типом изделий и особенностями эксплуатации этих изделий. Возможными источниками статистической информации могут быть сведения, полученные по результатам различных видов испытаний и эксплуатации, которые оформляются периодически в виде отчетов о техническом состоянии и надёжности изделий.

Изучение особенностей их поведения дает возможность использовать накопленные данные для проектирования будущих изделий. Таким образом, сбор и обобщение данных об отказах изделий - одна из важнейших задач, на которую должно быть обращено особое внимание.

Эффективность эксплуатационных мероприятий во многом зависит от квалификации обслуживающего персонала. Однако влияние этого фактора неодинаково. Так, например, при выполнении в процессе обслуживания довольно простых операций влияние высокой квалификации работника сказывается мало, и наоборот, квалификация обслуживающего персонала играет большую роль при выполнении сложных операций, связанных с принятием субъективных решений (например, при регулировании клапанов и систем зажигания в автомобилях, при ремонте телевизора и т.д.).

Методы расчета надежности подразделяют:

- по составу рассчитываемых показателей надежности,
- по основным принципам расчета.

По составу рассчитываемых показателей различают методы расчета:

- безотказности,
- ремонтотопригодности,
- долговечности,
- сохраняемости,
- комплексных показателей надежности (методы расчета коэффициентов готовности, технического использования, сохранения эффективности и др.).

По основным принципам расчета свойств, составляющих надежность, или комплексных показателей надежности объектов различают:

- методы прогнозирования,
- структурные методы расчета,
- физические методы расчета,

Классификация технологичности конструкции изделия

Технологичность конструкций изделия (ТКИ)

свойство качества изделий, характеризующее приспособленность их конструкций к достижению оптимальных затрат ресурсов в производстве и эксплуатации.

Классификация

- **производственный**
 - определяемый для всего процесса изготовления изделия
- **при обращении**
 - для транспортирования, хранения и подготовке к функционированию (ввода в эксплуатацию)
- **эксплуатационный**
 - определяемый применительно к выполнению технического обслуживания и ремонта
- **при утилизации**

Классификация показателей технологичности конструкции изделий

Показатели технологичности конструкции

По области проявления

производственные

эксплуатационные

По области анализа

технические

технико-экономические

По системе оценки

базовые

разрабатываемой
конструкции

уровень
технологичности

По значимости

основные

дополнительные

По количеству
характеризуемых признаков

частные

комплексные

По способу выражения

абсолютные

относительные

Номенклатура показателей технологичности конструкции изделий

Вид и группа показателей	Наименование показателей
<p>Основные</p> <p>Дополнительные технико-экономические показатели:</p>	<p>Трудоемкость изготовления изделия</p> <p>Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления</p> <p>Технологическая себестоимость изделия</p> <p>Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости</p>
<p>а) трудоемкости</p>	<p>Относительная трудоемкость заготовительных работ</p> <p>Относительная трудоемкость процесса изготовления по видам работ</p> <p>Относительная трудоемкость подготовки изделия к функционированию</p> <p>Относительная трудоемкость профилактического обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Относительная трудоемкость ремонтов изделия</p> <p>Удельная трудоемкость изготовления изделия</p> <p>Удельная трудоемкость подготовки изделия к функционированию</p> <p>Удельная трудоемкость профилактического обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Удельная трудоемкость ремонтов</p> <p>Коэффициент эффективности взаимозаменяемости</p>
<p>б) себестоимости</p>	<p>Относительная себестоимость подготовки изделия к функционированию</p> <p>Относительная себестоимость профилактического обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Относительная себестоимость ремонтов изделия</p> <p>Удельная технологическая себестоимость изделия</p> <p>Удельная себестоимость подготовки изделия к функционированию</p> <p>Удельная себестоимость профилактического обслуживания функционирующего изделия</p> <p>Удельная технологическая себестоимость изготовления изделия</p> <p>Удельная стоимость ремонтов</p>

Номенклатура показателей технологичности конструкции изделий

Вид и группа показателей	Наименование показателей
Дополнительные технические показатели:	
а) унификации конструкции	Коэффициент унификации изделия Коэффициент унификации конструктивных элементов Коэффициент стандартизации изделия Коэффициент повторяемости
б) унификации применяе- мых технологических процессов	Коэффициент применения типовых технологических процессов
в) расхода материала	Масса изделия Удельная материалоемкость изделия Коэффициент использования материала Коэффициент применяемости материала
г) обработки	Коэффициент точности обработки Коэффициент шероховатости поверхности
в) состав конструкции	Коэффициент сборности Коэффициент перспективного использования в других изделиях

Блок-схема определения показателей технологичности



Виды технологичности конструкции

Производственная

В КИП

В ТИП

В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Эксплуатационная

В ОБСЛУЖИВАНИИ

В РЕМОНТЕ

ТРУДОЕМКОСТЬ

Рациональность

СЕБЕСТОИМОСТЬ

МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬ

Преимственность

КОНСТРУКТИВНЫХ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

ПОВТОРЯЕМОСТЬ КОНСТРУКТ.
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ

Показатели технологичности
конструкции изделия

Показатели
технологической
рациональности

Показатели
преимущества
решений

ПОКАЗАТЕЛИ ТРУДОЕМКОСТИ

ПОКАЗАТЕЛИ СЕБЕСТОИМОСТИ

ПОКАЗАТЕЛИ
МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ

ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ
УНИФИЦИРОВАННЫХ И
СТАНДАРТНЫХ РЕШЕНИЙ

ПОКАЗАТЕЛИ ПОВТОРЯЕМОСТИ
КОНСТРУКТИВНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

**Требования к анализу
технологичности конструкции
детали**

Требования к анализу технологичности конструкции детали

В процессе конструирования деталей может быть предложен ряд равнозначных решений с позиций соответствия их конструкций служебному назначению, но при этом их технологичность будет различной.

Целью анализа является выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Перед проектированием технологического процесса первоначально проводится только качественный анализ, включающий технологический контроль чертежа и технологический анализ конструкции (ГОСТ 14.201; ГОСТ 14.202; ГОСТ 14.204).

При технологическом контроле чертежа необходимо установить достаточность и правильность сведений чертежа для экономичного изготовления детали при заданной программе выпуска и в соответствии с ее служебным назначением (достаточность проекций, видов, разрезов и сечений; правильность простановки размеров с необходимыми допусками, шероховатости поверхностей, допускаемых отклонений от правильной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей).

Анализируя правильность простановки размеров, необходимо учитывать размерные связи между конструкторскими и измерительными базами и требования по взаимному расположению исполнительных поверхностей детали, ее основных и вспомогательных конструкторских баз.

Основные задачи, решаемые при технологическом анализе конструкции детали, сводятся к возможному уменьшению трудоемкости, металлоемкости и себестоимости изготовления детали без ущерба для ее служебного назначения.

Анализ целесообразно проводить в следующей последовательности.

1. Оценить возможные виды и методы получения заготовки, материал детали с позиции его обрабатываемости.
2. Оценить технологичность отдельных конструктивных элементов детали.
3. Установить возможность применения высокопроизводительных методов обработки всех конструктивных элементов с требуемой точностью геометрических и физических параметров качества, учитывая при этом требования чертежа по применению термической обработки или других методов упрочняющей технологии.
4. Выявить возможные комплекты технологических баз, использование которых в технологическом процессе позволяет при минимуме затрат обеспечить требуемую точность линейных размеров, формы и взаимного расположения, исполнительных поверхностей и поверхностей, являющихся основными и вспомогательными конструкторскими базами. При этом следует оценивать возможность соблюдения в технологическом процессе принципов совмещения баз и единства технологических баз. (Все рассуждения необходимо сопровождать схемами базирования).
5. Оценить возможность построения технологического процесса по принципам концентрации и дифференциации операций.

**Методы снижения металлоемкости:
изменением принципиальных и
кинематических схем, рациональных
сечений.**

Снижение металлоемкости машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов наряду с уменьшением себестоимости изготовления дает эффект при транспортных, монтажно-демонтажных работах, что особо важно в условиях морского шельфа, тундры, болотистой и гористой местности.

Применяются следующие методы:

- 1) изменения принципиальных и конструктивных схем;
- 2) рациональных сечений деталей;
- 3) рационального выбора материалов.

Метод изменения принципиальных и кинематических схем

Данный метод распространен во многих отраслях машиностроения и заключается в применении рациональной компоновки и упрощении трансмиссий. В крупногабаритных машинах эффективны: переход от группового привода к индивидуальному приводу, от многоступенчатых редукторов и коробок перемены передач к регулируемому приводу с бесступенчатыми регулируемыми передачами, использование планетарных редукторов. Кроме снижения массы улучшаются рабочие характеристики, повышается долговечность.

Метод рациональных сечений

При условии сохранения равнопрочности детали можно облегчить следующими способами:

удалением металла из явно малонагруженных участков;

- у деталей типа шестерен и других вращающихся изделий, имеющих форму дисков, – выборками (выемками) или снятием металла больше к периферии и меньше к центру;

- у деталей типа фланцев – изменением круглых форм на многоугольные или фигурные с выкружками.

- у всех деталей, имеющих прямоугольные выступы, галтели, скосы, конусы и острые углы, – округлением углов, плавными переходами;

в стержневых и ферменных системах – заменой деформации изгиба

растяжением-сжатием

Снижение массы и металлоемкости машин путем рационального выбора материалов

На выбор материалов и конструктивных решений большое влияние имеет жесткость – способность изделия сопротивляться действию внешних нагрузок с деформациями, допустимыми без нарушения их работоспособности.

Последствия недостаточной жесткости конструкций:

- 1) у корпусов нарушается взаимодействие размещенных в них механизмов, что повышает трение и износ подвижных соединений;
- 2) валов и опор зубчатых передач нарушается зацепление колес, вызывая ускорение износа зубьев;
- 3) цапф и подшипников происходит перегрев и заедания вследствие развития очагов полусухого трения;
- 4) неподвижных соединений, подверженных динамическим нагрузкам, появляется коррозия трения, наклеп и сваривание поверхностей;
- 5) рабочих органов обрабатывающих станков нарушается точность размеров обрабатываемых изделий.

Методы создания производных машин на базе унификации и стандартизации

Секционирование – разделение машин на одинаковые секции и образование производных машин набором унифицированных секций. Метод выгоден при серийном изготовлении, создает удобства при сборке-разборке, ремонтах и техническом обслуживании;

Метод линейных размеров – заключается в изменении длины изделия при сохранении формы и размера поперечного сечения узлов и деталей машин с целью получения различной производительности. Метод линейных размеров позволяет сохранить основное технологическое оборудование для обработки вращающихся рабочих органов, внутренних полостей корпусов, что дает значительный экономический эффект;

Метод базовых агрегатов – превращение базовых агрегатов в машины различного назначения путем присоединения к ним или монтажа на них специального оборудования. Наиболее часто используют шасси автомобилей и тракторов, на основе которых создают буровые установки легкого типа, машины для ремонта скважин, цементируемые агрегаты, диагностические лаборатории, подъемно-транспортные машины и т. д.

Конвертирование – базовые машины или их основные элементы могут быть использованы для создания агрегатов различного назначения, близких или различных по рабочему процессу. В частности, ДВС переводят с бензина на газ, преобразуют ДВС в поршневой компрессор, что сопровождается некоторой доработкой конструкций: заменой головки, изменением механизма газораспределения и т. д.;

Компаундирование, или метод параллельного соединения машин или агрегатов, применяется с целью увеличения общей мощности или производительности установки. Спариваемые агрегаты могут быть конструктивно объединены синхронизирующим устройством в один агрегат или установлены независимо;

Модифицирование – доработка машины с целью приспособления к иным условиям работы, операциям и видам продукции без изменения основной конструкции (иногда совпадает с модернизацией);

Агрегатирование – создание машин путем сочетания унифицированных агрегатов, представляющих собой автономные узлы и механизмы, устанавливаемые на общей станине (базе) в различном числе и комбинациях. Частичным агрегатированием является использование стандартизованных узлов и агрегатов из числа серийно выпускаемых: редукторов, насосов, компрессоров, а также заимствованных с серийно изготовленных изделий: коробок скоростей, механизмов перемещения муфт, фрикционов и т. д.;

Метод комплексной нормализации – к проектированию простейших устройств, когда можно стандартизировать все или почти все их элементы конструкции. Нормализуют, например, по типоразмерам теплообменники, дозирующие устройства, смесители, резервуары, обечайки, крышки, люки, лазы, крепление, стойки и т. д.

Метод унифицированных рядов – образование рядов функционально близких машин различной мощности и производительности путем изменения числа и параметров главных рабочих органов и их применения в различных;

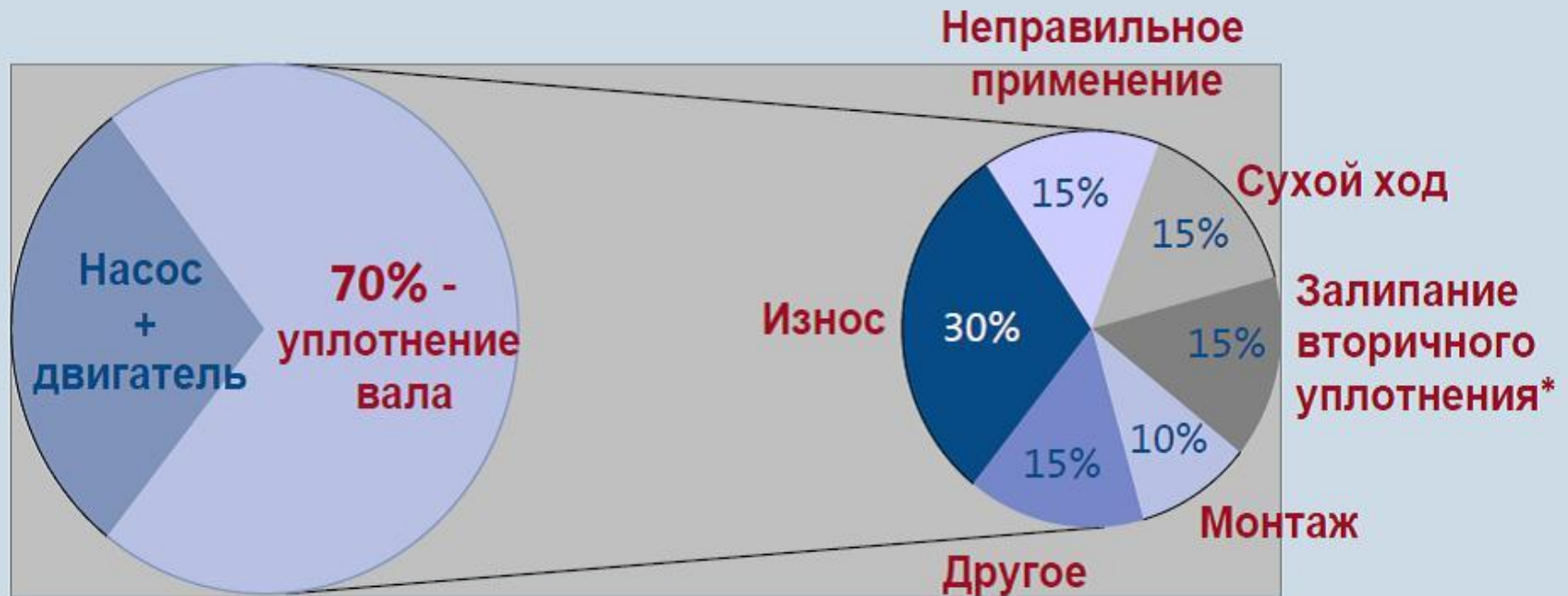
Уменьшение номенклатуры объектов производства – разработка рационального типажа машин с целью устранения распыления средств на выпуск машин малыми сериями, улучшения условий эксплуатации, ремонта и обеспечения запчастями. Номенклатура и число объектов производства сокращаются за счет:

- создания параметрических рядов машин с рациональными интервалами между ними;**
- расширения универсальности машин;**
- использования закладываемых резервов развития по мере роста потребностей народного хозяйства.**

Влияние износа и температур на работоспособность оборудования

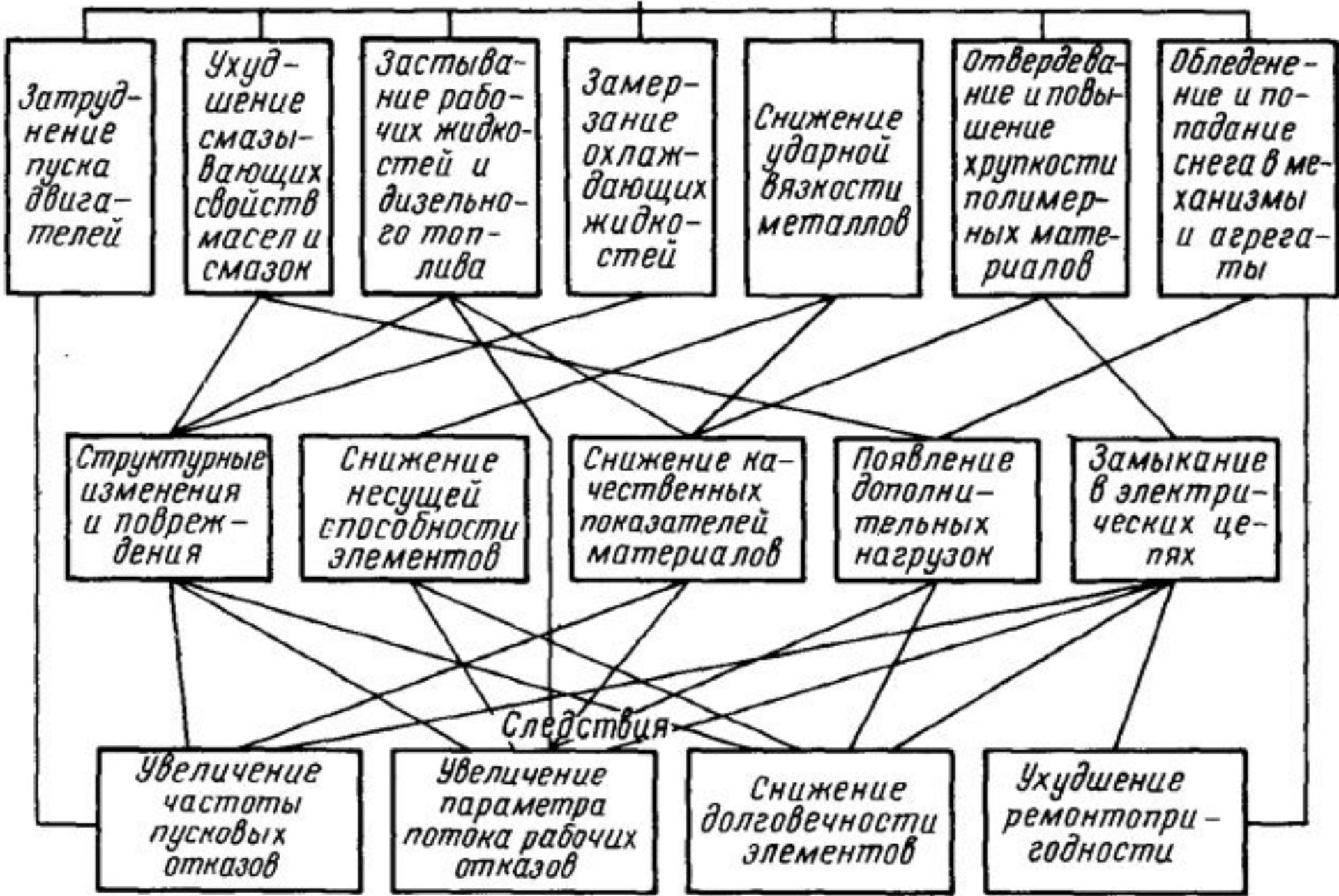
В процессе эксплуатации СДПТМ теряют работоспособность: изменяются технические характеристики, одни детали сборочных единиц изнашиваются, в других происходят необратимые процессы усталостного и коррозионного разрушения. Работоспособность машин определяется техническим уровнем изделий, системой ТО и ремонтов и условиями эксплуатации.

Условия эксплуатации СДПТМ машин характеризуются переменными режимами работы, высокой запыленностью и колебаниями температуры окружающего воздуха, дорожных и грунтовых условий



Низкие температуры

Воздействия



Для уменьшения износа при пуске двигателя необходимо: перед пуском обеспечить подачу масла на трущиеся поверхности; при температурах ниже 5°C запускать двигатель с предварительным прогревом либо применять масло с депрессорными или загущающими присадками; прогреть двигатель до оптимальной температуры $85-90^{\circ}\text{C}$ на небольших нагрузочных режимах.

Отказы по двигателю составляют 35-40% всех отказов.

На интенсивность изнашивания цилиндропоршневой группы при низких температурах оказывает влияние процесс электрохимической коррозии с образованием оксидов. Так, при $t = 25^{\circ}\text{C}$ износ в 5 раз больше, чем при $t = -75^{\circ}\text{C}$.

С увеличением нагрузочного режима износ деталей увеличивается, одновременно повышается и эффективность использования машины. Оптимальный нагрузочный режим работы двигателя определяется по удельным значениям износа. Для двигателей различных конструкций рациональные нагрузочные режимы в среднем составляют 90% максимальных значений.

Одной из основных причин, вызывающих интенсивное изнашивание цилиндропоршневой группы и вкладышей коренных и шатунных подшипников, является работа двигателей на неустановившихся режимах, при которых износ увеличивается в 1,2-1,8 раза. На этих режимах значительно возрастают инерционные нагрузки, ухудшаются условия смазки, нарушается процесс нормального горения топлива. Так, двигатель, работающий в режиме нагрузки одноковшового экскаватора, имеет износ гильзы в 1,5-1,6 раза выше, чем в режиме многоковшового.

Интенсивность изнашивания существенно возрастает при работе двигателя на корректорном участке характеристики. При этом следует учитывать, что темп изнашивания увеличивается с наработкой двигателя. С гидротрансмиссией износ снижается на 30%.

Существенно влияет на изнашивание двигателя (особенно цилиндропоршневой группы) выбор топлива. Применение не соответствующего двигателю топлива приводит к нагарообразованию, перегреву двигателя и интенсивному старению масла, что вызывает ухудшение качества смазки всех трущихся деталей двигателя.

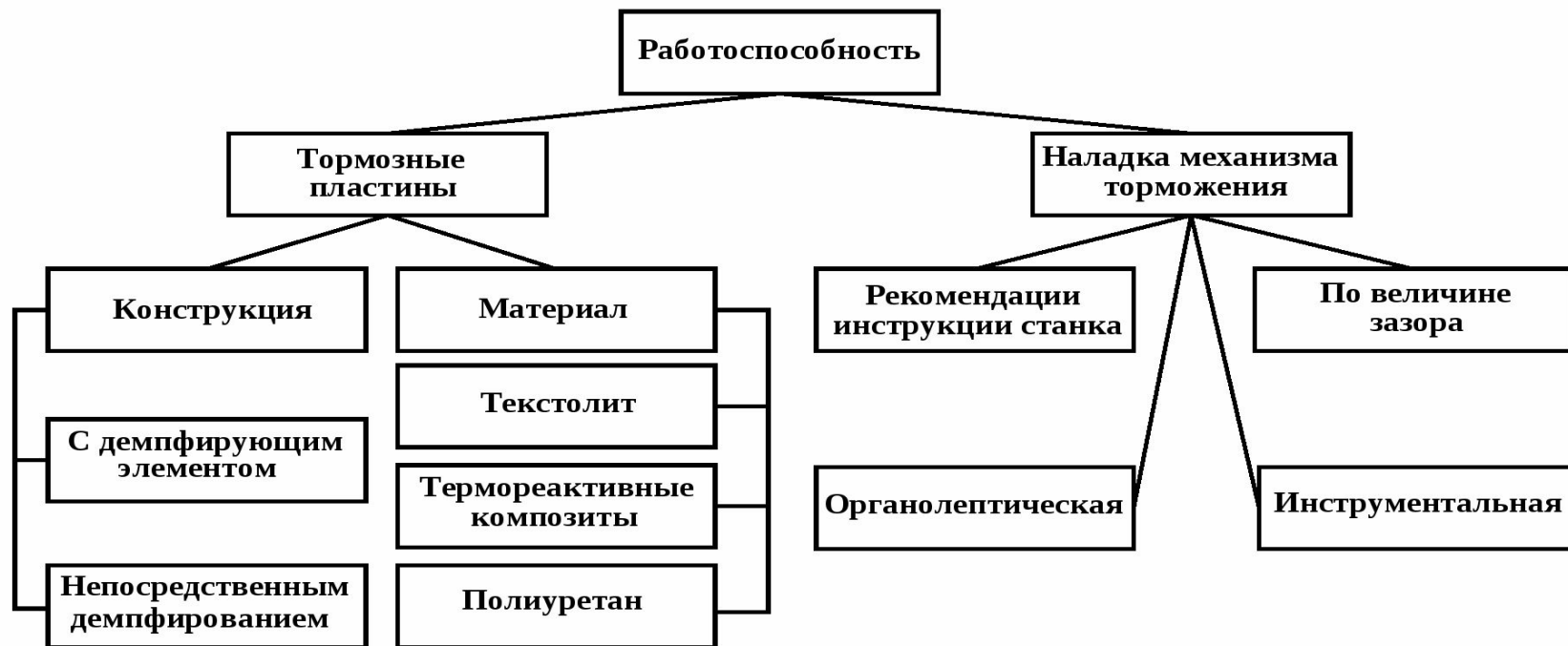
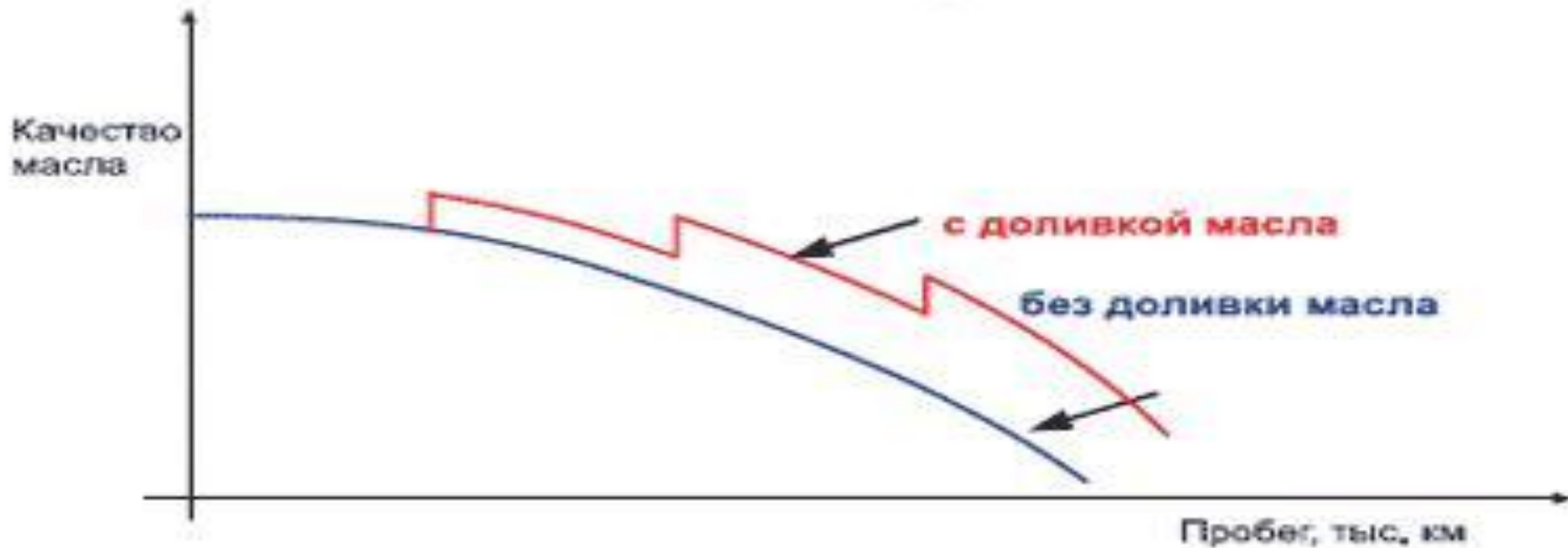
Снижение износа деталей двигателя достигается оптимальной степенью форсирования по частоте вращения и эффективному давлению.

Практика показывает, что двигатели землеройных и землеройно-транспортных машин должны быть менее форсированными: на 15-25% по сравнению с тракторными и на 30-40% по сравнению с автомобильными.

Работоспособность гидродинамических передач зависит от чистоты, уровня, температуры и давления масла, герметичности соединений всасывающих и нагнетательных магистралей, засорения фильтра.

Особенностью технического обслуживания гидропривода трансмиссии является исключение попадания механических включений в масло. При низком уровне масла гидротрансформатор не развивает расчетного крутящего момента, а завышенный уровень приводит к сильному пенообразованию.

Влияние доливок масла на его работоспособность



Особенности режимов нагружения сопрягаемых деталей

Сопряжения деталей могут быть:

- 1) **неподвижными** – при их соединении сваркой, резьбой, посадкой в натяг, склеиванием, пайкой и т. д.;
- 2) **подвижными** – при передаче движения от одной детали к другой путем зацепления и трения (шлицевые и шпоночные соединения, зацепление зубчатых передач; при перемещении детали относительно другой неподвижной детали (пары ползун – направляющие, поршень – цилиндр, клапан – седло, пробка крана – гнездо крана и т. д.).

Контактно нагруженные сочленения: зубья шестерен, роликовые захваты ключей, упоры шарниров, изготавливают из закаливаемых или цементируемых деталей. При контактном сопряжении (два цилиндра, шары, цилиндры или сферы с площадкой) материал в зоне действия максимального напряжения находится в условиях всестороннего сжатия. В этом случае предел текучести материала возрастает в 4–5 раз по сравнению с односторонним сжатием (? $\sigma_t = 1000\text{--}2500$ МПа). При ударных нагрузках это значение уменьшается в 2–3 раза.

Способы восстановления деталей

Механической
обработкой

Под ремонтный размер
Под номинальный размер
дополнительных ремонтных деталей

Хромирование
Осталивание
Меднение

Гальваническими
покрытиями

Припиловка
Шабровка
Фрезерование
Шлифовка
Притирка
Штифтовка
Постановка заплат
Разбертование
Прогонка резьб

Мягкими припоями
Твердыми припоями

Слесарно-механической
обработкой

Ручная электродуговая
Автоматическая по плюсам
в среде защитного газа
Вибродуговая наплавка
Газовая сварка и резка
Сварка сопротивлением

Газовая
Электрическая
Плазменно-дуговая

Пайкой

Сваркой
и наплавкой

Металлизацией

Осадкой
Вдавливанием
Раздачей
Обжатием
вытяжкой
Правкой
Накаткой

Восстановление изношенных деталей
Заделка трещин
Склеивание

Давлением

Обработкой полимерными материалами

Электроискровая обработка
Электрохимическая обработка
Электрохимическая обработка

Баббитами
Свинцовистой бронзой

Электрической
обработкой

Перезаливка антифрикционными материалами

Известны следующие конструктивные меры по снижению уровня отказов или их предотвращению:

1. Обеспечить равномерное распределение нагрузок между сопрягаемыми деталями и снижение в них напряжений путем использования упругих деформаций (обычно это достигается при перемещении сопряжения из узлов жесткости).
2. Избегать сопряжения деталей по нескольким поверхностям. Сопряжения предусматривать только по одной поверхности, по остальным же предусматривать зазоры, исключающие соприкосновения деталей при упругих, тепловых и прочих деформациях.
3. В случаях неизбежной затяжки по двум поверхностям рекомендуется использование упругих прокладок.
4. Осевую фиксацию деталей рекомендуется осуществлять только в одной точке для обеспечения возможности ее самоустановки по остальной ее длине.
5. Детали, совершающие возвратно-поступательное движение по двум направляющим, фиксируют на одной направляющей, а вторая направляющая только должна поддерживать деталь.
6. Привалочные поверхности рекомендуется выполнять плоскими, избегая крепления по цилиндрической поверхности. Нужно избегать деформации деталей при затяжке болтов крепления, затяжку производить попеременно на небольшую величину каждый раз. На уплотняющих поверхностях не должно быть ступенек, внутренних и наружных углов.
7. Следует избегать стыкования деталей по скрещивающимся плоскостям, затрудняющего изготовление изделия и уплотнение стыков (разъемные корпуса и их крышки).
8. Трущиеся и быстроизнашиваемые части следует выполнять в виде отдельных и легкоменяемых деталей.

Виды дефектов и методы восстановления деталей

Износ сопрягаемых поверхностей

*Деформация, разрушение
и нарушение герметичности*

*Восстановление
номинальных размеров*

*Изменение
номинальных размеров*

*Восстановление
формы и герметичности*

*Электроли-
тическое на-
ращивание*

*Метал-
лизация*

*Пластичес-
кое дефор-
мирование*

*Ремонтные
размеры*

Сварка

*Пластичес-
кое дефор-
мирование*

Наплавка

*Дополни-
тельная
деталь*

*Нанесение
полимеров*

*Слесарно-
механичес-
кая обра-
ботка*

*Применение
полимеров
и клеев*

Пайка

Список рекомендуемой литературы

- Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования: Учебное пособие для вузов.-М.: Недра, 1985.
- Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы. М.: Недра, 1988. – 452 с.
- Ефимченко С.И., Прыгаев А.К. Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов: Учебное пособие для вузов.-М.: Нефть и газ, 2006.
- Макушкин Д. О. Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов: учеб. пособие / Д. О. Макушкин, Т. С. Спирин. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009.
- Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учебное пособие для вузов /Л.Г.Чичеров, Г.В.Молчанов, А.В.Рабинович и др. - М.: Недра, 1987.
- Конструирование машин: Справочно-методическое пособие в 2-х т. Под. ред. К.Ф. Фролова.- М.: Машиностроение, 1994.
- Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие в 2^х книгах. Изд.3-е, испр. - М.Машиностроение, 1988.
- Лекции и лабораторные работы по предмету.
- Основы нефтегазопромыслового дела: Учебное пособие для вузов. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований; НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика»; Удмуртский государственный университет, 2008.