

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные машины»

Г. А. Басалай

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ

Пособие

для обучающихся по специальности 1-36 10 01 «Горные машины
и оборудование (по направлениям)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 622:658.274-025.13(075.8)

ББК 34.7я7

Б27

Рецензенты:

А. Н. Орда, М. В. Хамищевич

Басалай, Г. А.

- Б27 Проектирование горных машин и оборудования : пособие по дисциплине «Проектирование горных машин и оборудования» для студентов специальности 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» / Г. А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2022. – 87 с.
ISBN 978-985-583-696-5.

В пособии рассмотрены общие аспекты при проектировании горных машин и оборудования, а также показатели качества и надежности, требующие их обеспечения на стадии проектирования изделий. Выполнен анализ колебательных процессов в горных машинах и их влияния на напряжения и мощность в элементах и системах. Изложены нормативные требования по оформлению рабочей конструкторской документации, а также по разработке и постановке продукции на производство.

УДК 622:658.274-025.13(075.8)

ББК 34.7я7

ISBN 978-985-583-696-5

© Басалай Г. А., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ	6
1.1. Сущность проектирования	6
1.2. Классы машин	7
1.3. Конструктивные особенности исполнительных органов	9
1.4. Типажи, параметрические ряды и стандарты в горном машиностроении	12
1.5. Эксплуатационные качества горнодобывающих машин	13
2. НАДЕЖНОСТЬ ГОРНЫХ МАШИН	16
2.1. Основные понятия надежности (ГОСТ 13377-75)	16
2.2. Причины и виды отказов	17
2.3. Показатели надежности изделий	18
2.4. Вероятность безотказной работы изделия	20
2.5. Средний срок службы объекта	23
2.6. Комплексные показатели надежности	24
2.7. Надежность системы	25
2.8. Резервирование	26
2.9. Прогнозирование надежности	28
3. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ	29
3.1. Технологичность конструкции изделия	29
3.2. Стандартизация и унификация	30
3.3. Эргономичность, эстетические и патентно-правовые показатели	33
3.4. Оценка уровня качества изделия	34
4. РАЗРАБОТКА И ПОСТАНОВКА ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО (СРПП)	36
4.1. Положения и требования стандарта (СТБ 972-94)	36
4.2. Основные термины и определения (СТБ 972-94)	37
4.3. Разработка технического задания	40
4.4. Стадии разработки изделия	41
4.5. Основные положения по применению стандарта СРПП	43
4.6. Организация работы приемочной комиссии	44
4.7. Модернизация, модифицирование и совершенствование выпускаемой продукции	46

5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОБИЛЬНЫХ ГОРНЫХ МАШИН	49
5.1. Проходимость самоходных и прицепных машин	49
5.2. Маневренность мобильных горных машин и агрегатов.....	51
6. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	54
6.1. Правила и методы проектирования	54
6.2. Принципы конструирования изделий, основанные на унификации.....	56
6.3. Особенности проектирования приводов горнодобывающей техники	57
6.4. Проектирование карданных телескопических валов	58
7. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ МАШИНАХ	61
7.1. Основные колебательные системы в горных машинах	61
7.2. Причины вынужденных колебаний в горных машинах	62
7.3. Напряжения и мощность в колебательных системах.....	63
7.4. Классификация колебательных процессов в мобильных машинах	65
8. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД)	68
8.1. Определение и назначение ЕСКД.....	68
8.2. Виды изделий.....	69
8.3. Виды и комплектность конструкторских документов.....	71
8.4. Выполнение сборочных чертежей	73
8.5. Форма и порядок заполнения спецификаций	75
8.6. Форматы и масштабы.....	76
8.7. Схемы. Виды и типы	77
8.8. Общие правила по выполнению схем	78
8.9. Выполнение кинематических принципиальных схем	79
8.10. Выполнение гидравлических принципиальных схем	79
8.11. Габаритные чертежи	81
8.12. Нормоконтроль	82
8.13. Общие требования к рабочим чертежам	84
ЛИТЕРАТУРА	86

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы горной отрасли республики во многом зависит от ее оснащенности современными технологическими машинами и комплексами оборудования.

Задачи создания новой техники для горной отрасли решаются совместно научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими институтами, машиностроительными заводами и горнодобывающими предприятиями при непрерывной подготовке инженерных кадров специализированными кафедрами ведущих университетов.

В настоящее время в горной отрасли завершена комплексная программа полной механизации технологических операций по добыче, транспортированию и обогащению полезных ископаемых.

На рудниках повсеместно работают проходческие и очистные комплексы совместно с участковыми и магистральными конвейерными линиями, а также скиповым оборудованием шахтного подъема. Современные горно-обоганительные фабрики – это автоматизированные технологические линии с комплексом обогачительно-перерабатывающего оборудования.

Основная цель проектирования горных машин и оборудования – это создание и широкое внедрение на предприятиях по разработке месторождений полезных ископаемых проходческо-очистных и обогачительно-перерабатывающих машин и комплексов. Это требует системного подхода к их проектированию, к решению задач выбора параметров различных функциональных машин во взаимосвязи их между собой и окружающей средой.

Основными задачами курса проектирования горных машин и оборудования являются:

- общие принципы и методы анализа и синтеза выемочно-транспортирующих машин и обогачительно-перерабатывающего оборудования;
- оценка и выбор параметров надежности на стадии проектирования;
- расчет режимных и конструктивных параметров основных технологических машин и оборудования горной отрасли;
- конструирование исполнительных органов и механизмов передвижения горных машин;
- методология процесса проектирования, стандарты и нормативные документы на проектирование горных машин и оборудования;
- особенности горно-геологических условий залегания месторождений полезных ископаемых и физико-механических свойств горной породы во взаимосвязи с выбором основного оборудования для их эффективной разработки;
- особенности конструирования типовых элементов горного оборудования.

1. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Сущность проектирования

Процесс проектирования состоит в том, чтобы для разрабатываемых воображаемых объектов найти и описать конкретные решения, которые удовлетворяли бы поставленным технологическим требованиям и были бы лучшими в экономическом отношении.

Повсеместно применяется два метода проектирования. Первый базируется на интеллектуальной деятельности проектировщика.

В последнее время все больше применяется второй метод проектирования с использованием современных научно-технических систем, в состав которых входят ЭВМ, – автоматизированное проектирование.

Общепризнанные методы не обладают строго логической системой и не позволяют во всех случаях научно обоснованно выбирать как каждый из элементов проектируемого объекта, так и его общую схему. Отсутствие системы приводит к тому, что процесс проектирования, осуществляемый каждым проектировщиком, имеет сугубо индивидуальное решение при одинаковом техническом задании.

Проектирование – это весь комплекс работ, включающий изыскания, исследования, расчеты и конструирование, связанный с разработкой вновь создаваемых или модернизируемых (реконструируемых) объектов (рис. 1.1).

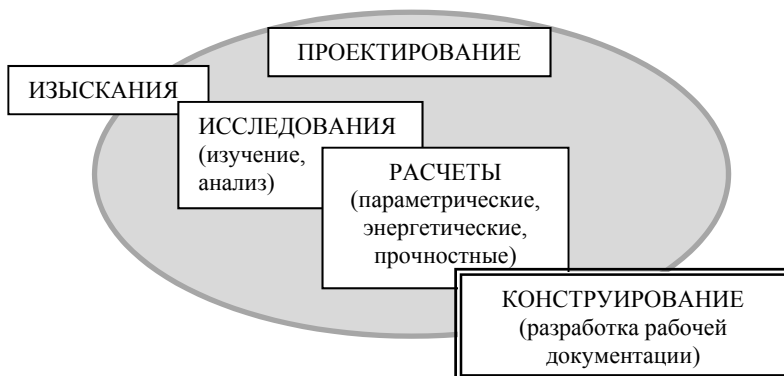


Рис. 1.1. Структурная схема процесса проектирования

Проектирование, как правило, начинается с изучения и всестороннего анализа аналогов и прототипа проектируемого объекта, а также уточнения технологического назначения и его конструктивных особенностей согласно техническому заданию. Затем проектировщик путем воображения намечает в своем сознании варианты проектируемого объекта.

Проектирование можно считать законченным, когда о найденном проектном варианте получены и зафиксированы данные, обеспечивающие возможность материального воспроизведения данного объекта.

Процесс проектирования можно разделить на два этапа. Первый этап состоит в определении образа схемы объекта и ее основных параметров. Второй этап – конструктивная разработка схемы и выпуск рабочей конструкторской документации, по которой могут быть осуществлены изготовление, контроль, прием, эксплуатация и ремонт.

1.2. Классы машин

Машина – это механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные движения для преобразования энергии или выполнения работы, связанной с производством и транспортированием.

Механизм – совокупность искусственно соединенных тел (звеньев), совершающих под действием приложенных сил определенные движения.

Различают два класса машин:

1. Машины-двигатели, преобразующие один вид энергии в другой, удобный для использования в данных условиях (ДВС, электромотор, генератор, насос, гидромотор, вентилятор, ветряк и т. д.).

2. Машины-орудия, с помощью которых производится изменение формы, свойств, состояния и положения объекта труда (проходческий комбайн, экскаватор, карьерный самосвал, конвейер, дробилка, пресс).

В общем виде машину можно представить следующей схемой (рис. 1.2). Основной частью рабочей машины служит исполнительный механизм, производящий обработку и предопределяющий ее целевое назначение.

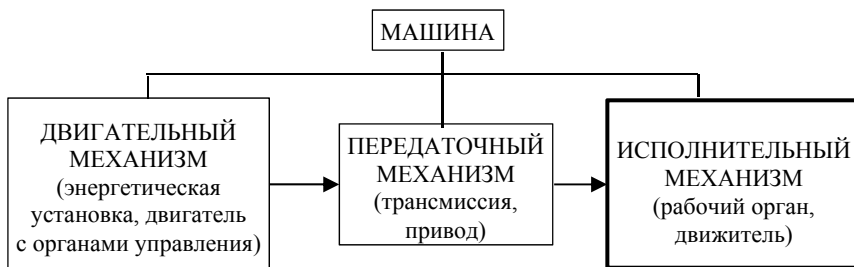


Рис. 1.2. Типовая схема рабочей машины

Разнообразное сочетание данных механизмов и их количество в одной машине образуют структурные схемы рабочих машин (рис. 1.3).

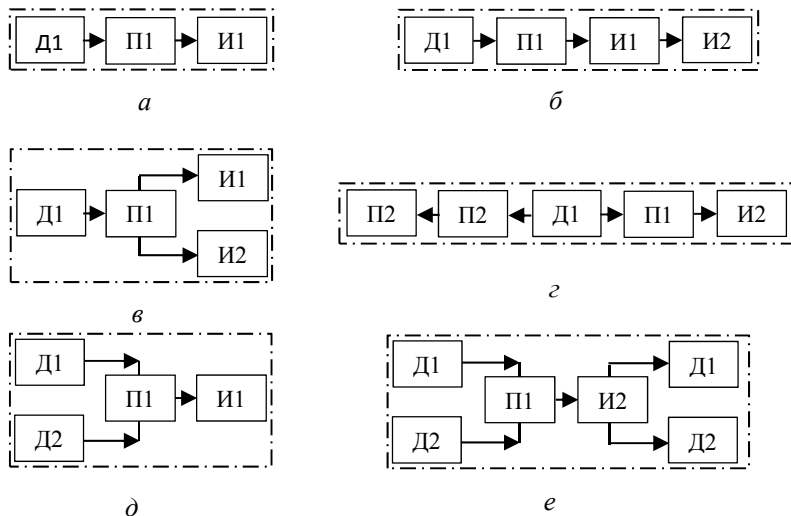


Рис. 1.3. Структурные схемы рабочих машин

1. Простейшая линейная схема (рис. 1.3, а) включает по одному двигательному, передаточному и исполнительному механизмам, соединенным последовательно, аналогично представленной на рис. 1.2.

2. Схемы с одним двигателем и двумя (и более) исполнительными механизмами, подключенными к передаточному механизму параллельно, последовательно (рис. 1.3, в, г) или комбинированно.

3. Синхронный привод от двух и более двигателей через общий или параллельные передаточные механизмы одного или нескольких исполнительных механизмов (рис. 1.3, *д, е*).

4. Индивидуальный, многомоторный, независимый привод – данный вариант предполагает в структуре одной машины несколько независимых линейных схем с общим пультом управления.

На основе вышеприведенных схем проектируются машины с различными комбинированными сочетаниями механизмов.

1.3. Конструктивные особенности исполнительных органов

Исполнительные органы горных машин конструктивно выполняются в зависимости от физико-механических свойств породы, состояния разрабатываемого пласта, а также технологических задач на конкретную операцию. С учетом этого в настоящее время на горных машинах применяются следующие исполнительные органы.

Узкий диск применяется для прорезки узких щелей в массиве и распиливания блоков горной породы. Отношение ширины b прорезаемой щели к диаметру D диска по концам режущих элементов $b/D \leq 0,15$. Достоинства: простота конструкции, обеспечение высоких скоростей фрезерования, эффективное транспортирование стружки из зоны резания инерционными силами.

Недостатки: небольшая глубина фрезерования H_{ϕ} по отношению к диаметру $H_{\phi} / D \leq (0,35 \dots 0,4)$, интенсивное измельчение стружки и интенсивное пылеобразование.

Роторы и шнек-фрезы. Достоинства: большая производительность по руде, возможность работы на полную мощность пласта $H_{\phi} = D$; транспортирование руды в осевом направлении обеспечивается винтовыми лопастями.

Недостатки: невысокая производительность по транспортированию руды (вероятность заштыбовки в закрытых зонах).

Цепной бар применяется для прорезания узких глубоких щелей в массиве горных выработок. Недостаток – небольшая производительность по перемещению сфрезерованной массы.

Многоковшовая рама применяется при разработке мощных пластов и на откосах карьеров, обеспечивает большую производительность. Средние скорости фрезерования $v_{\text{ср}} = 1,5$ м/с.

Ковши выполнены без дна. Основные нагрузки на ковши и тяговую цепь формируются от сил сопротивления резания при разрушении породы, а также подачи на забой. Масса материала в ковшах и сопротивление транспортированию незначительны по отношению к первой группе сил.

В отличие от цепного бара, где транспортирование материала из зоны резания происходит волочением, в многоковшовой раме перемещение – в ковшах. Многоковшовая рама обеспечивает значительную ширину захвата по отношению к внешним габаритам (длина L), а также глубину разработки до $0,9L$.

Имеется определенное разнообразие **планетарно-дисковых** исполнительных органов (ИО), в частности: с параллельными, перпендикулярными и наклонными осями вращения режущих дисков и вала, а также с комбинированным расположением осей вращения.

Формы забоя представлены на рис. 1.4.

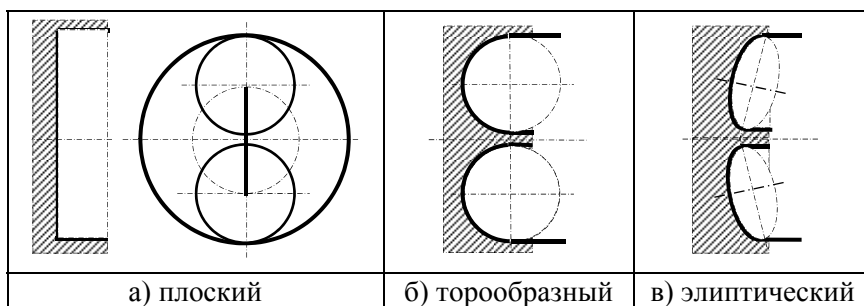


Рис. 1.4. Формы забоя, образуемые при фрезеровании массива горной породы комбинированными исполнительными органами

Исполнительные органы также классифицируются **по скорости фрезерования** (резания), т. е. линейной скорости контакта зубков с горной породой:

- тихоходные ИО, $v_p \leq (1,0 \dots 1,5)$ м/с, представлены многоковшовыми рамами;
- среднескоростные, $v_p = (1,0 \dots 3,0)$ м/с; наиболее распространены на горных машинах: шнек-фрезы, роторы, цепные бары;
- высокоскоростные $v_p \geq (3,0 \dots 5,0)$ м/с – дисковые фрезы.

По способу транспортирования сфрезерованной массы из зоны резания:

- инерционный способ (для высокоскоростных ИО, а также при фрезеровании цепным баром в направлении «снизу-вверх»);
- волочение по сфрезерованной поверхности массива горной породы;
- транспортирование в ковшах (многоковшовая рама и роторы).

Инерционный способ наиболее производительный и не требует специальных устройств на исполнительном органе. Волочение по поверхности отличается большими энергозатратами и неустойчивым течением массы (возможна заштыбовка в ограниченных зонах). Он обеспечивается наклонными лопастями, лемехом или же шнеком. Транспортирование в ковшах – наиболее устойчивый высокопроизводительный процесс, который отличается малыми удельными затратами на транспортирование.

Недостатки: ковшы массивные, подвешены на тяговых цепях, изнашивание ковшей и цепей.

Исполнительные органы горных машин и оборудования классифицируются (рис. 1.5) по следующим признакам.

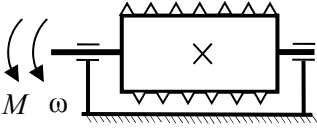
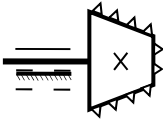
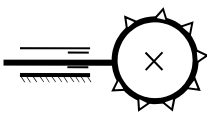
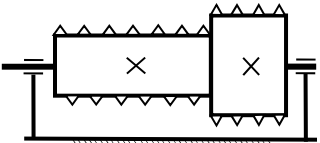
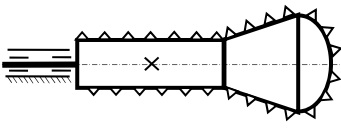
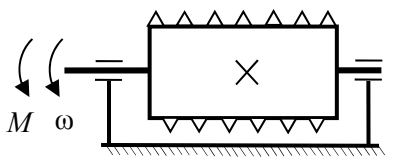
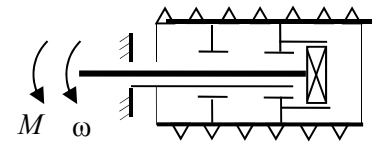
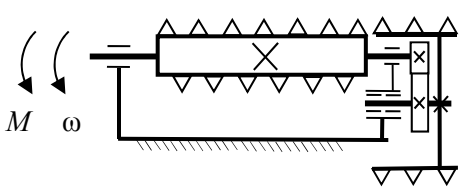
По форме внешней поверхности (по геометрии, образованной режущими элементами при вращении)		
		
а) цилиндрические	б) конусные	в) сферические
		
г) комбинированные		

Рис. 1.5. Разновидности исполнительных органов горных машин и оборудования

По расположению опор исполнительного органа:	
	
<p><i>a)</i> разнесенные опоры (двухопорная балка)</p>	<p><i>б)</i> одностороннее расположение опор (консольное)</p>
	
<p><i>в)</i> в комбинированных ИО расположение опор может быть односторонне-разнесенное</p>	

Окончание рис. 1.5

По расположению ИО на корпусе машины или комбайна они делятся на: передние, задние, внутренние, нижние, верхние, боковые, горизонтальные, вертикальные, наклонные, а также по схеме «манипулятор» (на управляемой поворотной рукояти).

Таким образом, выполненный анализ позволяет при проектировании горных машин выбирать наиболее рациональные схемы исполнительных органов для получения требуемой производительности при оптимальной энергоёмкости процесса фрезерования пласта и перемещения породы из зоны забоя на транспортирующие машины.

1.4. Типажи, параметрические ряды и стандарты в горном машиностроении

Они разрабатываются с целью устранения нежелательной и необоснованной многотипажности, повышения серийности и на этой основе улучшения качества и снижения стоимости технологических машин, установок и оборудования.

Типаж – совокупность технологических машин, представляющая экономическую целесообразность и минимальную номенклатуру, обеспечивающую потребность отрасли в них.

Параметрический ряд – числовое значение одного или нескольких параметров, характеризующих главные эксплуатационные показатели и однозначно определяющих размеры машин.

Основой установления параметрического ряда типажных машин является система предпочтительных чисел. Многолетняя практика показала, что наилучший ряд параметров – геометрическая прогрессия (ГОСТ 8032-56).

В настоящее время типажные утверждены и повсеместно применяются на все виды горного транспорта (электровозы, вагонетки, ленточные и скребковые конвейеры), погрузочные и погрузочно-доставочные машины, экскаваторы, карьерные самосвалы и т. д.

На основании типажных разработаны и утверждены стандарты, которые регламентируют важнейшие параметры машин (производительность, габариты, масса, тип привода). Стандарты имеют следующие категории: международные (СТ СЭВ), государственные (ГОСТ), республиканские (СТБ), отраслевые (ОСТ) и стандарты предприятий (СП), а также технические условия (ТУ).

Внедрение стандартов способствует сокращению номенклатуры изделий, унификации отдельных составных частей типажных машин, повышению их технического уровня, серийности производства и ремонтпригодности.

1.5. Эксплуатационные качества горнодобывающих машин

Горные машины должны наиболее полно отвечать потребностям народного хозяйства и обладать высокими эксплуатационными показателями. Основные из них можно разделить на три группы:

- 1) технологические, т. е. приспособленность машины к выполнению определенных видов работ;
- 2) технико-экономические, определяющие производительность и экономичность выполняемой работы;
- 3) общетехнические – обеспечивающие комфорт водителю и его безопасность.

Технологические качества – это ряд свойств, связанных с проходимостью, возможностью обеспечения определенных параметров работ и маневренностью.

Оценочные показатели проходимости: давление в пятне контакта движителя с грунтом, деформация грунта, запас мощности двигателя на передвижение, дорожный просвет (клиренс), тип и конструктивные особенности движителя;

Возможность обеспечения определенных параметров выполняемых работ можно характеризовать, например, глубиной фрезерования, грузоподъемностью, высотой разгрузки и другими параметрами в зависимости от назначения машины.

Главными параметрами маневренности являются: радиус и угловая скорость поворота, ширина полосы движения на повороте в рабочем и транспортном положениях исполнительных механизмов.

Технико-экономические показатели – это производительность и экономичность.

Производительность характеризуется объемом выполненной работы за единицу времени при соблюдении заданных технических условий на данную технологическую операцию. Различают теоретическую (конструктивную), техническую и эксплуатационную производительности.

Теоретическая производительность – это количество полезной работы, которую могла бы выполнить машина при определенных расчетных условиях, принятых разработчиком и указанных в техпаспорте. Измеряется количественным показателем выполненной работы в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{кг}/\text{с}$, шт./с). Она зависит от мощности двигателя, диапазона тяговых усилий и скоростей, типа рабочих органов.

Техническая производительность – это фактическая производительность машины в час, которую она может показать в определенных условиях без учета простоев на коротких отрезках времени ($\text{м}^3/\text{час}$, $\text{кг}/\text{час}$, шт./час).

Эксплуатационная – фактическая производительность, учитывающая холостые проходы, а также простои машины по техническим и организационным причинам; как правило, характеризуется условным объемом выполненной работы или произведенной продукции за смену или за сутки, в месяц или в год.

С учетом вышеприведенных определений для одной и той же машины, выполняющей одинаковую работу, наибольшее значение

всегда имеет теоретическая производительность, несколько меньше – техническая, и далее по убывающей – эксплуатационная.

Экономичность определяется себестоимостью выполненных работ или себестоимостью выпущенной продукции и зависит от надежности, энергоемкости, материалоемкости, стоимости обслуживания и ремонтных работ, а также расходов на оплату труда машиниста или бригады обслуживания.

Общетехнические качества связаны с обеспечением удобства управления, простоты обслуживания, санитарно-гигиенических условий, безопасности работы водителя и оцениваются по уровню шума, вибрациями, запыленностью, загазованностью, микроклиматом в кабине, готовностью к работе.

Современные машины должны соответствовать также требованиям технической эстетики (дизайн).

2. НАДЕЖНОСТЬ ГОРНЫХ МАШИН

2.1. Основные понятия надежности (ГОСТ 13377-75)

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций при соблюдении заданных условий эксплуатации.

Теория надежности включает *семь* разделов: математическая теория надежности; надежность по отдельным критериям отказов («физика отказов»); расчет и прогнозирование надежности; мероприятия по повышению надежности; контроль надежности (испытания, статистический контроль, организация наблюдений) и техническая диагностика; теория восстановления; экономика надежности.

Обобщенными *объектами* в теории надежности выступают:

Изделие – единица продукции, выпускаемая данным предприятием-изготовителем (экскаватор, конвейер, буровой станок, фреза, резец и т. д.).

Элемент – любое изделие, надежность которого изучается как единого целого независимо от его структуры и устройства.

Система – совокупность совместно действующих элементов, выполняющих заданные функции, при этом надежность данного изделия определяется в зависимости от надежности составных частей (элементов).

Понятия элемента и системы трансформируются в зависимости от поставленной задачи. Рабочий орган, например, при установлении его собственной надежности рассматривается как система, состоящая из отдельных элементов – привода, фрезы и деталей, а при изучении надежности горной машины – это элемент, аналогично входящим в нее двигателю, раме, движителю, кабине с органами управления.

Изделия делят на *невосстанавливаемые*, которые не могут быть восстановлены на предприятии-потребителе и подлежат полной замене; и *восстанавливаемые*, которые подлежат восстановлению потребителем путем ремонта и заменой отдельных элементов. В горных машинах, как правило, к невосстанавливаемым изделиям относятся исполнительные элементы рабочих органов (резцы, зубцы, штифты и т. п.), а также стандартные изделия массового производства (крепежные детали, манжеты, подшипники и т. п.).

Надежность характеризуется следующими *состояниями* и *событиями*:

Работоспособность – состояние изделия, при котором оно способно нормально выполнять заданные функции, выдерживая эксплуатационные параметры в пределах, указанных в технической документации.

Исправность – состояние изделия, при котором оно удовлетворяет не только основным, но и вспомогательным требованиям. Исправное изделие обязательно работоспособно.

Неисправность – состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований из технической документации. Различают неисправности, не приводящие к отказам, и неисправности и их сочетания, приводящие к отказам.

2.2. Причины и виды отказов

Отказ – событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности. *Причины* могут быть *случайными* и *систематическими*.

Случайные причины – непредусмотренные перегрузки; дефекты материала и погрешности изготовления; ошибки обслуживающего персонала; сбой системы управления. Примеры: твердые включения в обрабатываемом массиве, крупные неровности опорной поверхности, наезды на препятствия, ослабленное крепление деталей и закалочные трещины.

Систематические причины – это закономерные явления, вызывающие постепенное накопление повреждений. К ним относятся: влияние среды, времени и температуры, вызывающих коррозию и старение материала; нагрузки и работа сил трения – усталость, ползучесть и износ; функциональные воздействия – засорения, залипания и утечки.

По характеру развития и проявления отказы делят на: *внезапные* (поломки от перегрузок, заедания); *постепенные по развитию и внезапные по проявлению* (усталостные разрушения, перегорание ламп, короткие замыкания от старения); *постепенные* (износ, старение, коррозия); выход параметров за границы допуска при эксплуатации или хранении.

По причинам возникновения отказы можно также разделить на: *конструктивные*, вызванные недостатками конструкции; *технологические*, из-за несовершенства и нарушений технологии изготовления; *эксплуатационные*, вызванные неправильной эксплуатацией.

Отказы в соответствии со своей физической природой бывают: *параметрические*, которые связаны с разрушением деталей или их поверхностей (поломки, выкрашивание, износ, коррозия, старение); *функциональные*, т. е. не связанные с разрушением, но прекращением функционирования (засорение каналов подачи топлива в ДВС или рабочей жидкости в гидроприводах, ослабление соединений, окисление контактов).

По последствиям: *легкие* – легкоустраняемые; *средние* – не вызывающие разрушения других элементов; *тяжелые* – вызывающие тяжелые вторичные разрушения, а иногда и человеческие жертвы.

По возможности дальнейшего использования изделия: *полные*, исключая возможность работы изделия до их устранения; *частичные*, когда изделие допускается использовать, например, на меньшей скорости.

По сложности устранения: *устраняемые* в порядке технического обслуживания; *проведением среднего или капитального ремонта*. По месту устранения – в эксплуатационных или стационарных условиях.

Имеют место и самоустраняющиеся отказы или сбои.

По времени возникновения: *прирабочные*, возникающие в начальный период эксплуатации и связанные с отсутствием должной приработки или попаданием на сборку дефектных деталей; *при нормальной эксплуатации*; *износные*, т. е. из-за проявления постепенных износов на завершающем этапе срока службы или ресурса.

По причинно-следственной связи: *зависимые* и *независимые*, когда отказ одного элемента связан или не связан с отказом другого.

2.3. Показатели надежности изделий

Надежность изделий характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью, т. е. свойствами, которые проявляются в эксплуатации и позволяют судить, насколько изделие оправдывает надежды его разработчиков и потребителей.

Безотказность – свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени или наработки. Показатели безотказности:

– вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет;

– средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки до отказа невосстанавливаемого изделия. Под наработкой понимают продолжительность эксплуатации или объем выполненной работы;

– средняя наработка на отказ – отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки;

– интенсивность отказов – отношение среднего числа отказавших в единицу времени объектов к числу объектов, оставшихся работоспособными. Применяется для невосстанавливаемых изделий с высокой надежностью;

– параметр потока отказов – отношение среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольную малую его наработку к значению этой наработки (соответствует интенсивности отказов для неремонтируемых изделий, но включает повторные отказы).

Долговечность – свойство изделия длительно сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе ТО и ремонтов. Предельное состояние характеризуется невозможностью его дальнейшей эксплуатации, снижением эффективности или безопасностью. Для невосстанавливаемых изделий долговечность и безотказность практически совпадают. Показатели долговечности:

– технический ресурс – наработка объекта от начала его эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до предельного состояния (моточасы, пробег, объем выполненной работы, количество продукции);

– срок службы – календарная наработка до предельного состояния (годы).

Показатели долговечности (*ресурс* и *срок службы*) разделяются на: гамма-процентные, средние до текущего (или капитального) ремонта, полные и средние до списания. Гамма-процентные характеризуют долговечность изделий при заданной вероятности сохранения работоспособности.

Ремонтпригодность – приспособленность изделия к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов или повреждений, и поддержанию или восстановлению работоспособности путем ТО и ремонтов.

Ремонтпригодность характеризуется двумя показателями:

– среднее время восстановления работоспособного состояния (включает время на обнаружение отказов или повреждений и непосредственное их восстановление);

– вероятность восстановления работоспособности в заданное время.

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

Сохраняемость характеризуется двумя показателями: средний и гамма-процентный сроки сохраняемости.

2.4. Вероятность безотказной работы изделия

Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникнет. Вероятностью события P_i называется отношение числа случаев, благоприятствующих к наступлению данного события m_i , ко всему числу случаев n , т. е.

$$P_i = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{m_i}{n}. \quad (2.1)$$

Вероятность безотказной работы объекта за время t есть функция

$$P(t) = P(T_1 \geq t),$$

где T_1 – время от начала работы объекта до его отказа;

t – время, в течение которого определяется $P(t)$.

В статистической форме

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (2.2)$$

где N_0 – число объектов в начале испытаний;

$n(t)$ – число отказавших за время t .

Соответственно, **вероятность отказа** за время t

$$Q(t) = \frac{n(t)}{N_0}. \quad (2.3)$$

Так как безотказная работа и отказ – события противоположные, т. е. два совместных события, образующих группу событий, то $P(t) + Q(t) = 1$. Откуда

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (2.4)$$

Вероятность отказа в единицу времени – **плотность вероятности отказов**:

– в вероятностной форме

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}; \quad (2.5)$$

– в статистической

$$f(t) = \frac{n(t)}{N_0 \Delta t}, \quad (2.6)$$

где $n(t)$ – число отказавших объектов в интервале от $(t - \Delta t/2)$ до $(t + \Delta t/2)$;

Δt – выбранный интервал времени.

Вероятность отказов в единицу времени $f(t)$ наиболее полно характеризует такую величину, как время возникновения отказа. Остальные величины могут быть получены, если известна $f(t)$, которая является **функцией плотности распределения**.

Типичная кривая изменения плотности вероятности отказов $f(t)$ для большинства горных машин в течение всего срока эксплуатации имеет вид, представленный на рис. 2.1.

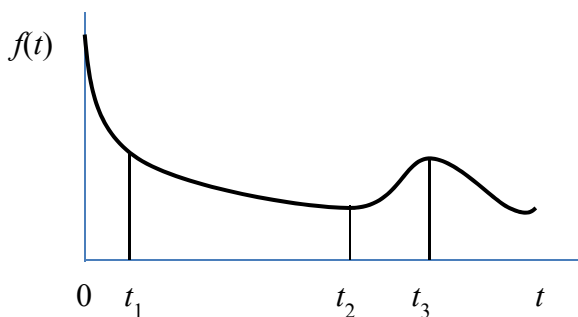


Рис. 2.1. Типичная кривая изменения плотности вероятности отказов $f(t)$

Участок $(0-t_1)$ – приработка элементов в начале эксплуатации. Большое число отказов объясняется внутренними скрытыми дефектами в элементах, вызванными нарушением технологии их изготовления.

Период (t_1-t_2) – нормальная работа объекта. Отказы обусловлены в основном неблагоприятным стечением обстоятельств, сочетанием пиковых нагрузок, низкими механическими свойствами материала, неточностью сборки, вибрацией.

Момент времени (t_2-t_3) характеризуется резким ростом вероятности отказов в единицу времени $f(t)$ вследствие предельного износа и старения элементов.

После t_3 уменьшение $f(t)$ является следствием незначительного количества оставшихся в эксплуатации объектов, которые характеризуются повышенной надежностью.

В зависимости от вида изделий и стадий эксплуатации объектов плотность вероятности отказов может соответствовать одному из следующих законов распределения случайных величин:

– экспоненциальный

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (2.7)$$

где $e = \lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$;

– нормальный

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_1)^2}{2\sigma^2}}; \quad (2.8)$$

– закон распределения Вейбулла

$$f(t) = \lambda_0 \alpha t^{(\alpha-1)} e^{-\lambda_0 t^\alpha}, \quad (2.9)$$

где λ , λ_0 , α – параметры закона распределения;

T_1 – математическое ожидание случайной величины;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Экспоненциальный закон характерен для периода нормальной эксплуатации машин, когда износные отказы еще не проявляются. Нормальный закон характерен для износных отказов электрических и механических элементов, когда время возникновения отказов зависит от большого числа однородных по своему влиянию случайных факторов (причем влияние каждого из этих факторов по сравнению с совокупностью всех остальных незначительно). Распределение Вейбулла может быть использовано для характеристики надежности горных машин в периоды приработки, а также износа и старения (в частности, при изучении надежности подшипников). Экспоненциальный закон при $\alpha = 1$ является частным случаем закона Вейбулла.

Таким образом, вышеуказанные законы распределения времени отказов могут характеризовать плотность вероятности отказов $f(t)$ лишь на ограниченных участках времени работы объектов (систем).

Закон распределения отказов, как правило, определяется по экспериментальным данным. Однако часто делается обоснованное предположение о законе распределения отказов для конкретных систем на основе сравнительного анализа, а опытные данные служат средством проверки прогноза.

2.5. Средний срок службы объекта

Средний срок службы объекта – это математическое ожидание срока службы (или календарная продолжительность) эксплуатации

до предельного состояния. Срок службы горных машин определяется *физическим* и *техничко-экономическим факторами*, а также *моральным износом* (техническим устареванием).

Физическими факторами являются усталостная прочность рабочих органов, ходовой части, силовых передач или металлоконструкции (рамы).

Техничко-экономические факторы определяются себестоимостью продукции и соотношением между затратами на восстановление работоспособности эксплуатируемой машины и затратами на приобретение новой. Экономически целесообразным пределом эксплуатации следует считать момент, когда предстоящие расходы на капитальный ремонт приближаются к стоимости новой машины. В этом случае приобретение новой выгодно ввиду лучшего качества и более высоких эксплуатационных показателей вследствие непрерывного научно-технического прогресса.

Моральный износ наступает, когда машина, сохраняя работоспособность, по своим показателям перестает удовлетворять потребителей в силу повышения требований к технологической операции или появления более новых машин с улучшенными эксплуатационными показателями.

Безусловное устаревание наступает в 2-х случаях:

- при полной замене существующего технологического процесса;
- при создании новых рабочих процессов или новых конструктивных схем, превосходящих по показателям применяющиеся.

Наиболее действенным средством против морального устаревания является повышение степени использования машины в период эксплуатации. Сокращение срока службы до 5–7 лет практически исключает устаревание.

2.6. Комплексные показатели надежности

Коэффициент готовности K_G – вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых его использование по назначению не предусматривалось (проведение плановых ТО или ремонтов). В статистической форме K_G определяется отношением наработки на отказ T_0 к сумме $(T_0 + T_B)$, где T_B – среднее время восстановления работоспособности объекта.

Коэффициент технического использования $K_{ТИ}$ – отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии $t_{сум}$ за некоторый период эксплуатации к сумме $(t_{сум} + t_{ТО} + t_{рем})$ математических ожиданий времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных ТО, и времени ремонта за тот же период эксплуатации, т. е. $K_{ТИ} = t_{сум} / (t_{сум} + t_{ТО} + t_{рем})$. При этом время простоев по организационным причинам не учитывается.

2.7. Надежность системы

Надежность горных машин, как правило, определяют при рассмотрении их как *систем*, которые могут быть последовательными, параллельными и комбинированными.

Если система состоит из N объектов и структура системы такова, что отказ любого из элементов вызывает отказ всей системы (рис. 2.2), то вероятность безотказной работы *последовательной* системы $P_c(t)$ в течение времени t равна произведению вероятностей безотказной работы ее элементов:

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t). \quad (2.10)$$

Структура *последовательной* системы имеет следующий вид:

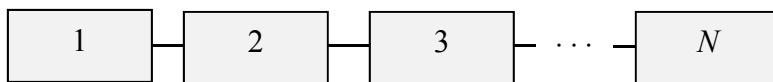


Рис. 2.2. Структура последовательной системы

При ориентировочном расчете надежности данной системы делается упрощающее предположение – все однотипные элементы равнонадежны, т. е. независимо от режимов работы все однотипные элементы имеют одинаковую интенсивность отказов, равную среднестатистическому ее значению. С учетом принятого допущения вероятность безотказной работы системы равна

$$P_c(t) = e^{-t \cdot \sum_{i=1}^r N_i \lambda_i}, \quad (2.11)$$

где N_i – число элементов i -го типа;

r – число типов элементов;

λ_i – среднестатистическая интенсивность отказов элементов i -го типа.

Последовательные системы, состоящие из одинаковых элементов (грузовая или приводная цепь, зубчатое колесо, подшипник качения, в которых элементами являются звенья, зубья, шарики или ролики, и т. п.), получили название «система типа цепь». В горных машинах к таким системам можно отнести исполнительные рабочие органы в виде многозаходных фрез с элементами – резцами или зубками, расположенными в одной плоскости резания.

2.8. Резервирование

Надежность проектируемой горнодобывающей техники обеспечивается конструктивными, технологическими и эксплуатационными мероприятиями.

Для повышения надежности системы применяется резервирование, т. е. метод повышения надежности объекта введением избыточности.

Избыточность – это дополнительные средства и возможности сверх минимально необходимых для выполнения объектом заданных функций.

Основной элемент – элемент структуры объекта, минимально необходимый для выполнения объектом заданных функций.

Резервный элемент – элемент, предназначенный для обеспечения работоспособности объекта в случае отказа основного элемента.

Общее резервирование, при котором резервируется объект в целом, представлено на рис. 2.3, *а*. Раздельное резервирование, при котором резервируются отдельные элементы объекта или группы, – рис. 2.3, *б*. На структурных схемах рис. 2.3 основные элементы и связи между ними показаны сплошными линиями, а резервные – штриховыми.

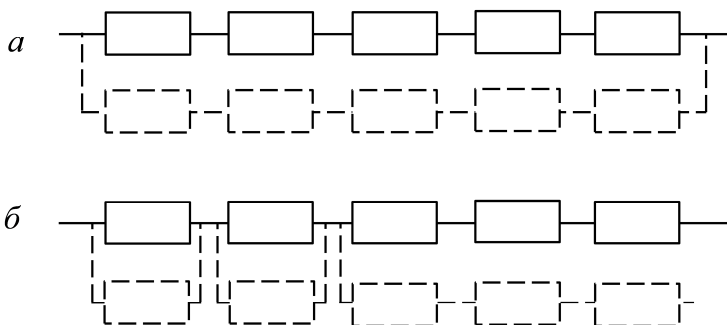


Рис. 2.3. Разновидности резервирования объектов

Применяют *три* вида резервирования элементов и объектов:

- постоянное резервирование (с горячим резервом), при котором резервные элементы участвуют в функционировании объекта наравне с основными;
- резервирование замещением (с ненагруженным или холодным резервом), при котором функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного;
- резервирование с резервом, работающим в облегченном режиме.

Кратность резервирования – это отношение числа резервных элементов к числу резервируемых или основных.

Дублирование – резервирование с кратностью, равной единице.

Структурное резервирование предусматривает использование в объекте избыточных элементов структуры.

Резервирование наиболее широко применяют в радиоэлектронной аппаратуре, в которой резервные элементы малогабаритны и легко переключаются.

В горном машиностроении резервирование применяют преимущественно при опасности аварий, а также в машинах и установках, которые обеспечивают основные технологические операции в составе автоматизированных комплексов. При этом резервные элементы могут использоваться как рабочие в часы «пик»; в ряде систем резервирование обеспечивает сохранение работоспособности, но с пониженными эксплуатационными показателями. В ответственных приводах используют, например, двойную систему смазки, комбинированные уплотнения, сдвоенные подшипники.

2.9. Прогнозирование надежности

На этапе проектирования расчеты показателей надежности производятся с целью прогнозирования ожидаемой надежности создаваемого изделия. Они необходимы, *во-первых*, для проверки соответствия показателей надежности разрабатываемого изделия с показателями в техническом задании и, *во-вторых*, для выбора оптимального варианта структуры проектируемого изделия.

В отличие от прогнозирования надежности на этапе проектирования расчеты надежности *на этапе испытаний и эксплуатации* носят характер констатации. Они показывают, какой надежностью обладает фактически данное изделие. На их основе выявляются слабые места изделия и разрабатываются меры по повышению его надежности.

При прогнозном расчете надежности проектируемый объект представляют как систему в виде структурной схемы, в которой элементы, отказ которых приводит к отказу всей системы, изображаются последовательно, а резервные элементы – параллельно.

Работы по обеспечению надежности на этапе проектирования следует вести по *двум* направлениям:

- уменьшение интенсивности отказов системы;
- применение резервирования.

В работах первого направления основными методами повышения надежности являются:

1) упрощение структурной схемы, сокращение числа элементов и связей между ними;

2) использование новых высоконадежных элементов, основанных на более надежных принципах функционирования, или элементов, для которых достигнут стабильный надежный уровень работы, подтвержденный результатами испытаний;

3) применение облегченных режимов работы элементов (нагрузочное резервирование), что достигается применением элементов с номинальными нагрузками, превышающими эксплуатационные;

4) исследование физики отказов «слабых» звеньев и использование результатов для повышения надежности;

5) стандартизация и унификация.

При применении резервирования кратность его должна быть минимальная, обеспечивающая требования по его безотказности, т. к. в противном случае увеличиваются масса и стоимость машины.

3. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ

3.1. Технологичность конструкции изделия

ГОСТ 14.205-83 «Технологичность конструкции изделия», является составной частью нормативных документов, образующих стандарт «Единая система технологической подготовки производства» (ЕСТПП).

Под технологичностью конструкции (ТКИ) понимается возможность изготовления составных частей изделия с наименьшими трудовыми затратами при рациональном расходовании материала и энергии, а также обеспечение его высокопроизводительной сборки.

С точки зрения технологичности конструкций горнодобывающей техники необходимо проектировать их детали, по форме и размерам как можно ближе соответствующим стандартному прокату для получения заготовок, или учитывать возможности иных способов получения заготовок (ковка, литье и др.); мехобработка производилась бы на универсальных станках с одной установки. Составные части, подверженные интенсивному износу и имеющие большую вероятность повреждения (ножи и зубки фрез, элементы колесных и гусеничных движителей и т. д.), должны проектироваться с учетом возможности изготовления и ремонта в условиях мастерских горнодобывающих предприятий.

Основные показатели технологичности:

Удельная трудоемкость изготовления

$$T_{и} = T_{н.ч} / \Gamma, \quad (3.1)$$

где $T_{н.ч}$ – трудоемкость изготовления в нормо-часах;

Γ – номинальное значение главного параметра (грузовой момент – для кранов; вместимость ковша – для экскаваторов; грузоподъемность – для карьерных самосвалов);

Коэффициент сборности

$$K_{сб} = E / (E + Д), \quad (3.2)$$

где E и $Д$ – соответственно количество сборочных единиц и деталей, внесенных в спецификацию на изделие в целом (из этого количества исключаются крепежные детали, тара и упаковка);

Материалоемкость

$$M = Q / K, \text{ или } (M = G / K), \quad (3.3)$$

где G – конструктивная масса (или Q – производительность) изделия;
 \mathcal{E} – эксплуатационный показатель изделия.

3.2. Стандартизация и унификация

Стандартизация предусматривает установление и применение специальных правил с целью упорядочения деятельности в определенной отрасли. Вопросы стандартизации освещены в следующих стандартах: ГОСТ 1.0-68 – ГОСТ 1.26-77.

Стандарт – нормативно-технический документ, по которому установлен комплекс норм, правил, требований к конкретным изделиям и материалам, утвержденный компетентным органом.

Технические условия (ТУ) – нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс требований к конкретным изделиям и материалам, их изготовлению и контролю. ТУ утверждаются министерством или предприятием.

Категории стандартов:

– Международные (например, СТ СЭВ – стандарты, действие которых распространялось в период с 1975 по 1991 годы на территориях стран, входивших в Совет экономической взаимопомощи: СССР, Болгария, Венгрия, Вьетнам, ГДР, Куба, Монголия, Польша, Румыния, Чехословакия);

– Государственные (ГОСТ);

– Отраслевые (ОСТ) – стандарты, которые распространяются на конкретную отрасль народного хозяйства и смежные отрасли, являющиеся поставщиками комплектующих изделий для данной отрасли;

– Республиканские (РСТ, СТБ);

– Стандарты предприятий (СТП).

В машиностроении под стандартизацией понимают приведение размеров, конфигурации и конструкции составных частей изделия в соответствие с требованиями стандартов, а также использование в разрабатываемом изделии составных частей других изделий, выпускаемых согласно существующим стандартам.

Требования стандартов основаны на положительном практическом опыте. Стандартные изделия, как правило, – это изделия массового или крупносерийного изготовления на специализированных предприятиях.

Уровень стандартизации изделия определяется:

– Коэффициент стандартизации конструкции изделия

$$K_{\text{ст}} = \frac{n_{\text{сс}} + n_{\text{сд}}}{n_{\text{с}} + n_{\text{д}}}, \quad (3.4)$$

где $n_{\text{сс}}$ и $n_{\text{сд}}$ – количество стандартных сборочных единиц и деталей, внесенных в головную спецификацию на изделие в целом;

$n_{\text{с}}$ и $n_{\text{д}}$ – общее количество сборочных единиц и деталей, внесенных в спецификацию на изделие в целом;

– Коэффициент стандартизации сборочных единиц изделия

$$K_{\text{ст.с}} = n_{\text{ссо}} / n_{\text{со}}; \quad (3.5)$$

– Коэффициент стандартизации деталей в изделии

$$K_{\text{ст.д}} = n_{\text{сдо}} / n_{\text{до}}, \quad (3.6)$$

где $n_{\text{ссо}}$ и $n_{\text{сдо}}$ – общее количество стандартных сборочных единиц и деталей в изделии;

$n_{\text{со}}$ и $n_{\text{до}}$ – общее количество сборочных единиц и деталей в изделии.

Под унификацией понимается многократное применение в конструкции изделий одних и тех же сборочных единиц, деталей и конструктивных элементов. Унификация позволяет ускорить проектирование изделий, снизить ее себестоимость, повысить надежность, в частности ремонтпригодность.

Унификация может быть *внутренней*, т. е. в пределах одного изделия, и *внешней*, когда заимствуются сборочные единицы и детали из других изделий.

Наибольший экономический эффект дает унификация с серийными изделиями, имеющими отработанную конструкцию, низкую себестоимость и широкое распространение. Унификация конструк-

тивных элементов (фаски, галтели, посадки, резьбы, шпоночные и шлицевые соединения, зубчатые передачи) позволяет сократить номенклатуру обрабатывающего и измерительного инструмента, снизить себестоимость изготовления и затраты на ремонт.

Количественными показателями унификации являются:

– Коэффициент унификации изделия

$$K_y = \frac{n_{yc} + n_{уд}}{n_c + n_d}, \quad (3.7)$$

где n_{yc} и $n_{уд}$ – соответственно, количество унифицированных сборочных единиц и унифицированных деталей, внесенных в спецификацию на изделие в целом;

– Коэффициент унификации сборочных единиц

$$K_{yc} = n_{yc0} / n_{co}; \quad (3.8)$$

– Коэффициент унификации деталей

$$K_{уд} = n_{удо} / n_{до}, \quad (3.9)$$

где n_{yc0} и $n_{удо}$ – общее количество унифицированных сборочных единиц и унифицированных деталей, соответственно, в изделии;

– Коэффициент унификации конструктивных элементов

$$K_{yэ} = 1 - \frac{n_{т.р}}{n_э}, \quad (3.10)$$

где $n_{т.р}$ и $n_э$ – число принятых типоразмеров и общее число, соответственно, конструктивных элементов в изделии.

К общим показателям стандартизации и унификации относятся:

– Коэффициент применяемости

$$K_{пр} = \frac{n_{сдо} + n_{удо}^2 + n_{удо}^2 + n_{пд}}{n_{до}}, \quad (3.11)$$

где $n'_{\text{удо}}$ и $n''_{\text{удо}}$ – общее количество деталей, унифицированных внутри изделия, и соответственно, заимствованных из других изделий;

$n_{\text{п.д}}$ – покупные детали.

– Коэффициент повторяемости

$$K_{\Pi} = N_{\text{и}}/n_{\text{до}}, \quad (3.12)$$

где $N_{\text{и}}$ – число обозначенных в спецификации на изделие деталей.

Примечание. Стандартные или покупные составные части рассматриваются как покупные целые и считаются как одна деталь. При определении $n_{\text{до}}$ неразъемные сборочные единицы принимают как одну деталь. Из расчета показателей уровня унификации и стандартизации исключают крепежные детали.

3.3. Эргономичность, эстетические и патентно-правовые показатели

Эргономика (инженерная психология) – наука, изучающая соответствие условий труда анатомическим, физиологическим и психологическим особенностям человека. К эргономическим показателям относятся:

- усилия на рычагах и педалях, ход педалей;
- уровень вибрации сидения и пола;
- уровень шума в кабине и в зоне работы;
- уровень загазованности и запыленности, температура в кабине.

Эргономические показатели должны быть в пределах установленных норм. Рабочее место в машине компоуется так, чтобы число рабочих движений машиниста было сокращено до минимума; органы управления располагаются равномерно между правой и левой руками (правая рука должна выполнять наиболее ответственные операции, требующие большой точности и усилий). Сидение в кабине должно быть регулируемым; предусмотрены площадки, необходимые для обслуживания механизмов; ступеньки и поручни для посадки в машину и к рабочим площадкам. Вращающиеся открытые части должны иметь съемные ограждения; машина должна обладать запасом устойчивости; следует предусмотреть меры пожарной безопасности (двигатель закрыт капотом, выхлопная труба

оборудована искрогасителем). Машина должна быть оборудована внешним и внутренним освещением, звуковой сигнализацией.

Эргономичность оценивается баллами путем экспертной оценки.

Технико-эстетические требования к горным машинам включают следующие показатели:

1. Композиционная целостность формы (внешняя и внутренняя гармония форм, согласование с окружающей средой, соответствие современному стилю, красота).

2. Функциональная целесообразность форм (соответствие формы назначению, приспособление формы к выполняемым функциям).

3. Товарный вид изделия (качество наружной поверхности, внутренняя отделка, качество надписей).

Каждый показатель оценивается экспертным методом по пяти-балльной системе (0–4). По оценкам экспертов определяется средний балл по сумме трех показателей.

Патентно-правовые показатели характеризуют степень патентной защиты изделия в СНГ и за рубежом, а также его патентную чистоту.

Показатель патентной защиты изделия

$$\Pi_{пз} = \Pi_{пз}^{\cdot} + \Pi_{пз}^{\prime\prime}, \quad (3.13)$$

где $\Pi_{пз}^{\cdot}$ и $\Pi_{пз}^{\prime\prime}$ – показатели патентной защиты изделия в СНГ и за рубежом.

При этом

$$\Pi_{пз}^{(\cdot, \prime\prime)} = \frac{\sum K_i N_i^{(\cdot, \prime\prime)}}{N}, \quad (3.14)$$

где K_i – коэффициент весомости;

$N_i^{(\cdot, \prime\prime)}$ – количество патентов в СНГ и за рубежом;

N – общее количество составных частей изделия.

3.4. Оценка уровня качества изделия

Качество изделия – совокупность свойств, обуславливающих пригодность его удовлетворять определенным требованиям в соответствии с назначением. Уровень качества – относительная характери-

стика качества изделия, основанная на сравнении его показателей с базовыми показателями изделий, принятых для сравнения (аналоги или перспективные образцы), а также с данными нормативно-технических документов.

Показатели качества изделия заносятся в карту технического уровня и качества продукции (КУ) в соответствии с ГОСТ 2.116-71.

Официально утверждена следующая номенклатура показателей качества и, соответственно, коэффициенты их весомости:

- назначения ($m_1 = 0,35$);
- надежности ($m_2 = 0,25$);
- эргономические ($m_3 = 0,18$);
- технологичности ($m_4 = 0,10$);
- стандартизации и унификации ($m_5 = 0,07$);
- патентно-правовые ($m_6 = 0,03$);
- технико-эстетические ($m_7 = 0,02$);
- экономические показатели (относительный экономический показатель в комплексный показатель качества не входит, а рассматривается отдельно).

В карте уровня указывается числовое значение показателей, а также их относительные значения, которые определяются выражениями

$$D_i = P_i / P_{0i}, \quad (3.15)$$

где P_i и P_{0i} – значения i -х показателей оцениваемого изделия и объекта, принятого в качестве аналога (прототипа).

Карта технического уровня изделия осуществляется с использованием **комплексного показателя качества**

$$K_k = \sum m_i D_i, \quad (3.16)$$

где D_i – относительное значение i -го показателя;

m_i – коэффициент весомости.

В зависимости от значения K_k , а также экономических показателей и степени соответствия требованиям нормативно-технической документации оцениваемое изделие относят к одной из трех категорий качества: высшая; первая; вторая.

Изделия высшей категории должны по технико-экономическим показателям соответствовать лучшим отечественным и мировым

образцам или превосходить их; соответствовать действующим стандартам и техническим условиям, учитывать требования международных стандартов; иметь повышенные стабильные показатели качества; должны быть конкурентоспособными на внешнем рынке. Изделиям высшей категории в СССР присваивали «Знак качества».

4. РАЗРАБОТКА И ПОСТАНОВКА ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО (СРПП)

4.1. Положения и требования стандарта СТБ 972-94

Настоящий стандарт устанавливает *основные положения* разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения и непродовольственных товаров народного потребления государственными, кооперативными и иными субъектами хозяйствования.

Ряд требований из данного стандарта являются *обязательными*:

1. При разработке и постановке на производство продукции участники работ в своей деятельности должны руководствоваться нормативными документами (НД) и Законами РБ: «О предприятиях в Республике Беларусь», «О защите прав потребителей», «О санитарно-эпидемическом благополучии населения».

2. Предприятие-разработчик продукции обязано обеспечить качество разрабатываемой документации, соблюдение сроков разработки, а также соответствие технико-экономических показателей разрабатываемой продукции требованиям технического задания (ТЗ) и действующей НД на данную продукцию.

3. Предприятие-изготовитель продукции обязано обеспечить соответствие изготавливаемой продукции требованиям технической документации.

4. Испытания опытных образцов (опытной партии) продукции на соответствие требованиям, обеспечивающим безопасность жизни и здоровья людей, охрану окружающей среды и электромагнитную совместимость, установленным в стандартах и ТЗ, являются обязательными и должны проводиться в независимых аккредитованных испытательных центрах (лабораториях).

5. На стадии ТЗ необходимо обеспечить формирование полного комплекса функциональных, технологических, эксплуатационных и экономических требований к разрабатываемой продукции.

6. ТЗ на разработку продукции, использование которой способно причинить вред здоровью или имуществу людей, а также окружающей среде, должны содержать требования по безопасности, охране здоровья и природы, электромагнитной совместимости.

7. С целью обеспечения качества разрабатываемого изделия следует проводить нормоконтроль разрабатываемой КД в соответствии с ГОСТ 2.111, технологический контроль КД в соответствии с ГОСТ 14.206 и метрологическую экспертизу в соответствии с требованиями МИ 1325 (при необходимости).

Настоящий стандарт не распространяется на создание изделий:

- военной техники;
- продукции легкой, химической и микробиологической промышленности;
- изделия медицинской техники;
- на строительство и производство стройматериалов;
- программно-технические комплексы и программную документацию.

4.2. Основные термины и определения (СТБ 972-94)

Разработка продукции – процесс создания образцов и (или) технической документации, необходимых для производства продукции.

Продукция – результат деятельности или процессов. Выделяются следующие виды продукции:

1. **Народнохозяйственная** продукция предназначена для удовлетворения потребностей народного хозяйства, населения и экспорта.

2. Продукция **производственно-технического назначения** – для использования в качестве средств промышленного и сельскохозяйственного производства.

3. **Товары народного потребления** – продукция для продажи населению с целью непосредственного использования ее для удовлетворения материальных и культурных потребностей.

Опытный образец – образец продукции, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний или экспертной оценки соответствия его заданным техническим

требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению.

Опытная партия – совокупность опытных образцов или определенной объем продукции, изготовленные за установленный период времени по вновь разработанной одной и той же документации для контроля соответствия продукции заданным требованиям и принятия решения о постановке ее на производство.

Экспериментальный образец – образец продукции, обладающий основными признаками намечаемой к разработке продукции. Изготавливается в процессе проведения научно-исследовательской разработки (НИР) с целью проверки предполагаемых решений и уточнения отдельных характеристик для использования их при разработке этой продукции.

Образец-эталон – образец продукции, утвержденный в установленном порядке и предназначенный для сравнения с ним изготовленной продукции при ее приемке и поставке.

Изделие – единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах.

Разновидности испытаний и их назначение:

– предварительные – контрольные испытания опытных образцов изделий для оценки возможности предъявления их на приемочные испытания;

– приемочные – контрольные испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и использования по назначению;

– квалификационные – для оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме.

Постановка продукции на производство – совокупность мероприятий по организации производства вновь разработанной, модернизированной или ранее освоенной на других предприятиях продукции. Состоит из *двух* частей:

– подготовка производства содержит мероприятия по подготовке и обеспечению технологического процесса ее изготовления или ремонта в заданном объеме выпуска;

– освоение производства включает отработку и проверку подготовленного технологического процесса, а также овладение практически приемами изготовления продукции в заданном объеме выпуска.

Конкурентоспособность продукции – способность изделий соответствовать сложившимся требованиям данного рынка на рассматриваемой территории.

Инициативная разработка – разработка, осуществляемая без заказчика.

Качество – совокупность характеристик объекта (продукции), относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности в соответствии с назначением.

Потребительские свойства продукции – совокупность технических, эстетических и других свойств продукции, создающих ее полезный эффект и привлекательность для потребителя.

Предприятие – организация, объединение или другой субъект хозяйственной деятельности с образованием юридического лица:

– предприятие-разработчик продукции осуществляет разработку конструкторской документации на продукцию в установленном порядке;

– предприятие-изготовитель продукции осуществляет выпуск продукции;

– заказчик продукции – предприятие или физическое лицо, по заявке или договору с которым производится разработка (модернизация), производство и (или) поставка продукции.

– потребитель продукции – предприятие или физическое лицо, использующее данную продукцию по назначению (рис. 4.1).

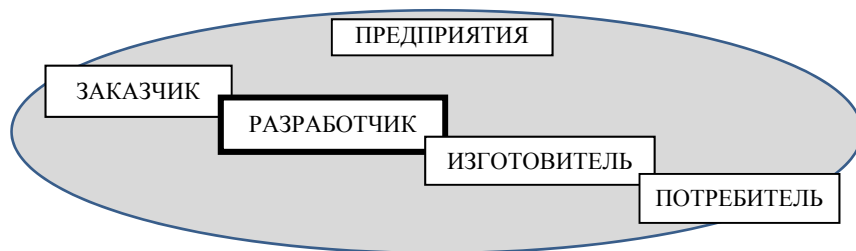


Рис. 4.1. Основные предприятия в создании изделий

Простейшие товары народного потребления – изделия, удовлетворяющие следующим условиям:

– они не потребляют, не вырабатывают и не передают никаких видов энергии;

- в технической характеристике только геометрические параметры, масса, цвет;
- привод (при наличии) осуществляется мускульной силой;
- изделия не предназначены для перемещения людей.

4.3. Разработка технического задания

Основные требования к техническому заданию (**ТЗ**) на разработку продукции производственно-технического назначения, к которой относится и горнодобывающая техника, изложены в **ГОСТ 15.001 и P50-601-10**, (по созданию товаров народного потребления – ГОСТ 15.009 и P50-601-13) с учетом требований настоящего стандарта. В качестве ТЗ допускается использовать другой, заменяющий его документ (договор, контракт, протокол, решение и т. д.), имеющий достаточные исходные данные для разработки продукции и признанный заказчиком и разработчиком.

На стадии ТЗ необходимо обеспечить формирование полного комплекса функциональных, технологических, эксплуатационных и экономических требований к разрабатываемой продукции. Разработку технического задания, как правило, осуществляет разработчик и утверждает заказчик, а если на этот момент определен изготовитель, то ТЗ подлежит согласованию с ним.

Рекомендуемая **форма и содержание ТЗ на разработку продукции:**

1. Наименование и область применения (использования) продукции.
2. Основание для разработки.
3. Исполнитель (разработчик).
4. Изготовитель.
5. Цель и назначение разработки.
6. Источник финансирования.
7. Технические требования:
 - 7.1. Состав продукции и требования к конструктивному устройству;
 - 7.2. Показатели назначения и экономного использования сырья, материалов, топлива и энергии;

7.3–7.8. Требования к надежности, технологичности, уровню унификации и стандартизации, по безопасности и экологии, эстетические и эргономические, к патентной чистоте;

7.9. Требования к составным частям продукции (при их наличии), исходным и эксплуатационным материалам;

7.10. Условия эксплуатации (использования), требования к техническому обслуживанию и ремонту (при необходимости);

7.11–7.13. Требования к маркировке и упаковке, к транспортированию и хранению, к метрологическому обеспечению;

7.14. Дополнительные требования (при необходимости – требования по безопасности, охране здоровья и природы, электромагнитной совместимости).

8. Экономические показатели.

9. Стадии и этапы разработки.

10. Порядок контроля и приемки, материалы, предъявляемые по окончании отдельных стадий (этапов) и работы в целом.

11. Количество изготавливаемых опытных образцов.

12. Приложения.

В зависимости от вида, назначения, условий производства и эксплуатации продукции допускается уточнять содержание разделов (подразделов), вводить новые или объединить отдельные из них.

Изменения в ТЗ вносят на любом этапе разработки путем выпуска дополнения, которое подлежит согласованию с заказчиком.

Действие ТЗ заканчивается после утверждения акта приемочной комиссии, а если в нем имелись требования к подготовке и освоению производства или поставке продукции, то – после выполнения этих работ.

Учет и хранение ТЗ осуществляется в порядке, установленном на предприятии-разработчике, и (или) на предприятии, которому направлено ТЗ.

4.4. Стадии разработки изделия

Официальные *стадии разработки* конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности и *этапы выполнения работ* (рис. 4.2), номенклатура разрабатываемой КД и форма отчетности установлены в ГОСТ 2.103-68.

Техническое предложение должно содержать техническое и технико-экономическое обоснования целесообразности разработки на основании анализа ТЗ заказчика и различных вариантов возможных решений изделия, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентные исследования.

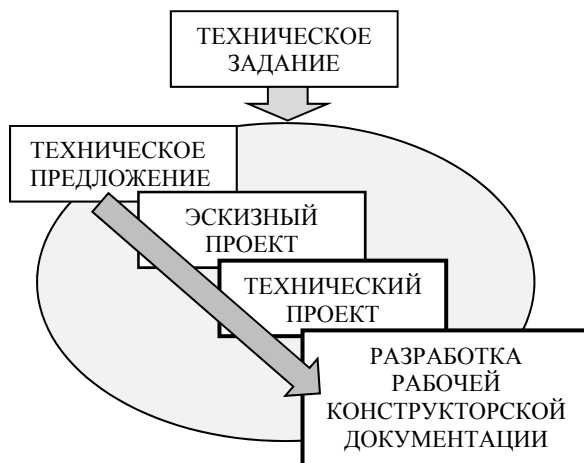


Рис. 4.2. Стадии разработки изделия

На данной стадии предполагаются следующие этапы выполняемых работ: подбор материалов; разработка технического предложения с присвоением документам литеры «Л»; рассмотрение и утверждение технического предложения.

Эскизный проект включает разработку документации по эскизному проекту, которая должна содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и его габаритные размеры. Документации присваивается литера «Э». На этом этапе происходит изготовление и испытание макетов (при необходимости). По завершении вышеперечисленных работ эскизный проект рассматривается и утверждается заказчиком.

На третьей стадии разрабатывается **технический проект** – совокупность КД, содержащих окончательные технические решения,

дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации (документы с литерой «Т»), – продолжается (при необходимости) изготовление и испытание макетов и завершаются работы по аналогии рассмотрением и утверждением технического проекта.

Стадия **«рабочая конструкторская документация»** включает **два этапа**:

а) разработка рабочей КД опытного образца (опытной партии) изделия, предназначенного для серийного (массового) или единичного производства (кроме разового изготовления) без присвоения литеры; изготовление и предварительные испытания опытного образца; по результатам корректировка КД и присвоение «О»; приемочные испытания; повторная корректировка КД и присвоение литеры «О₁». Для изделий по заказу Министерства обороны (МО) – повторное изготовление и испытания опытного образца по документации с литерой «О₁» (при необходимости) и корректировка КД с присвоением «О₂».

б) разработка рабочей КД на изделие серийного (массового) производства: изготовление и испытание установочной серии по документации «О₁» (или «О₂»); корректировка КД с присвоением «А», и оснащение технологического процесса для изготовления изделия в заданном объеме. Для изделий МО – изготовление и испытание головной (контрольной) серии по документации «А» и корректировка документов с присвоением им литеры «Б».

Рабочей КД изделиям единичного производства, т. е. одновременного изготовления одного или более экземпляров изделия, дальнейшее производство которого не предусматривается, присваивают литеру «У».

4.5. Основные положения по применению стандарта СРПП

Методические указания по практическому применению стандартов СРПП (ГОСТ 15.001-88; СТБ 971-94) изложены в соответствующих Рекомендациях Р50-601.

В Рекомендациях Р50-601-10 «Применение ГОСТ 15.001-88», в частности, указаны следующие основные положения:

1. Выполнение положений стандарта обеспечивается самими участниками работ без контроля со стороны Госстандарта и вышестоящих организаций. К Госстандарту (его территориальному органу, институту или управлению) следует *обращаться только при возникновении разногласий* между ними по вопросам применения стандарта.

2. Взаимоотношения заказчика, разработчика и изготовителя в стандарте *установлены применительно к организациям и предприятиям в целом, т. е. как юридическим лицам*. Поэтому недопустимо отождествлять, например, понятие «разработчик» с понятием «конструктор». Порядок взаимодействия участников работ внутри организаций и предприятий является их прерогативой и не регламентируется стандартом.

3. Главные критерии, которым должна отвечать продукция при определении целесообразности ее разработки: *удовлетворение потребностей заказчика; эффективность применения; возможность экспорта*. При этом в настоящем стандарте не содержатся требования о соответствии разрабатываемой продукции мировому уровню, т. к. независимо от стандарта подобные требования установлены документами более высокого ранга (Закон «О предприятиях в РБ» и др.).

4.6. Организация работы приемочной комиссии

Рекомендации Р50-601-11 «Организация работы приемочной комиссии» содержат практические советы в части деятельности приемочных комиссий, образуемых для оценки результатов разработки новой (модернизированной) продукции в соответствии со стандартами СРПП. При этом по договоренности сторон, т. е. официальных участников создания продукции, возможны иные варианты решений при условии, что они не противоречат стандартам СРПП.

Приемочная комиссия – коллегиальный орган, определяющий целесообразность использования результатов разработки для организации производства продукции или возможность применения впервые изготовленной единичной продукции. Она может быть разовой или постоянно действующей.

В состав приемочной комиссии входят следующие представители:

- заказчик (основной потребитель);
- разработчик;
- изготовитель;

- госприемка (при ее наличии);
- организация, ответственная за экспорт (при поставке продукции на экспорт);
- могут быть привлечены (при необходимости) эксперты сторонних организаций, а также органы, осуществляющие надзор за безопасностью, охраной здоровья и природы, исходя из особенностей продукции.

Председателем комиссии назначают представителя заказчика, а при его отсутствии – основного потребителя. Если заказчиком конечной продукции является ее будущий изготовитель, то председатель – также основной потребитель.

Приемочная комиссия принимает решение на основании результатов испытаний, проведенных под ее руководством или независимо от нее специализированной испытательной организацией (испытательным центром), а также разработчиком или изготовителем в соответствии с требованиями стандартов СРПП. Если же потребительские свойства продукции можно оценить экспертным методом, то на основе рассмотрения образца без проведения испытаний.

Работа приемочной комиссии предусматривает следующие этапы:

- проверка комплектности КД в соответствии с перечнем, приведенным в ТЗ, и требованиями стандартов СРПП;
- подготовка и проведение приемочных испытаний или оценка результатов предшествующих испытаний;
- оценка качества продукции, документации и возможности производства продукции;
- оформление результатов работы комиссии и подписание акта.

Акт приемочной комиссии после его утверждения лицом, назначившим комиссию, становится обязательным для исполнителя. Копии акта передают всем участникам приемочной комиссии. Подлинник акта остается у разработчика и может быть впоследствии передан изготовителю в составе комплекта технической документации (ТД).

Акт считается действительным, если его подписали без замечаний не менее 2/3 фактического состава комиссии, включая представителей заказчика, органов надзора за безопасностью, охраной здоровья и природы и других членов комиссии с приоритетным правом решения вопросов, входящих в их компетенцию.

4.7. Модернизация, модифицирование и совершенствование выпускаемой продукции

Рекомендации **P50-601-12** содержат методические положения, относящиеся к работам по модернизации, модифицированию и совершенствованию продукции, в частности:

- определение сущности этих работ;
- оценка эффективности и целесообразности их выполнения;
- особенности разработки ТД, испытаний и постановки на производство (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Характеристика качественных признаков при модернизации, модифицировании и совершенствовании выпускаемой продукции

№ п/п	Признак	Изменение признака:		
		модернизация	модифицирование	совершенствование
1	Область применения	Сохраняется или расширяется	Изменяется	Сохраняется
2	Технический уровень	Повышается	Сохраняется	Сохраняется
3	Производство исходной продукции	Прекращается	Продолжается	Продолжается с внесением изменений
4	Взаимозаменяемость основных составных частей	Нарушается	Нарушается	Сохраняется
5	Технические условия	Заменяются	Дополняются	Остаются без изменений (как правило)
6	Оптовая цена	Может изменяться	Может изменяться	Остается без изменения
7	Обозначение	Присваивается новое путем дополнения, например, буквы М при первой модерн., 2М – второй и т. д.	Присваивается новое путем дополнения, например, букв А, Б , и т. д. или цифр – 01, 02 и т. д.	Остается без изменения

Примечание: главные признаки – 3 и 4.

Модернизация – создание продукции с улучшенными свойствами, ограниченным изменением исходной продукции и взамен ее. При постановке на производство модернизированной продукции исходную считают устаревшей и снимают с производства на всех выпускающих ее предприятиях.

Модифицирование – создание продукции, однородной с исходной (типовой), но с другой областью применения, ограниченным изменением выпускаемой продукции. К модифицированию не относится получение продукции индивидуального исполнения, выполненного по заявке заказчика в пределах общих требований к этой продукции, которая может отличаться, например, комплектацией, изготовлением «по месту», вариантами сборки. Совокупность исходной (типовой) продукции и ее модификаций образует *семейство* продукции.

Совершенствование – изменение продукции, повышающее эффективность ее производства или применения, без существенного изменения основных показателей выпускаемой продукции.

Разработку продукции нового поколения следует производить с учетом возможностей последующих модернизаций и (или) модифицирования.

Модернизация может позволить продлить срок выпуска продукции при поддержании ее соответствия растущим требованиям и техническому уровню. Модифицирование позволит расширить область применения продукции при умеренных затратах на разработку и подготовку производства.

Для обеспечения эффективности модернизации рекомендуется предварительно оценить:

- степень преемственности продукции, в пределах которых эффективность модернизации наибольшая;
- возможность повышения технического уровня в результате модернизации;
- рациональные интервалы времени между модернизациями, их рациональное число.

При определении периодичности модернизаций следует исходить из того, что с каждой последующей модернизацией эффективность снижается.

При модифицировании следует оценить степень преемственности с исходной продукцией, позволяющей при минимуме дополни-

тельных затрат, обеспечить эффективность использования модификаций в новых условиях эксплуатации (применения).

Предприятие-изготовитель систематически совершенствует выпускаемую продукцию заменой материалов и комплектующих, унификацией составных частей, технологических процессов и средств производства, применением прогрессивной технологии, внедрением изобретений и рационализаторских предложений, устранением недостатков, выявившихся в процессе производства и эксплуатации.

Работы по совершенствованию продукции в общем случае включают:

- представление и рассмотрение предложений по совершенствованию;
- разработка необходимой технической документации и изготовление образцов продукции или ее составных частей;
- типовые испытания и оценка целесообразности изменения продукции;
- внесение изменений в комплект конструкторской документации и корректировка технологического процесса производства усовершенствованной продукции.

5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОБИЛЬНЫХ ГОРНЫХ МАШИН

5.1. Проходимость самоходных и прицепных машин

Под проходимостью горных машин понимают возможность их многократного движения по заданному маршруту при соблюдении технологических требований. Основные условия обеспечения проходимости самоходных машин:

- несущая способность грунта должна превышать среднее давление в пятне контакта с опорной поверхностью;
- сцепление движителя с грунтом должно быть больше сопротивления движению;
- установленная для передвижения мощность должна превышать ее затраты на движение.

Сотрудниками ВНИИТП (г. Санкт-Петербург) предложено, в частности, характеризовать проходимость гусеничных торфяных машин *комплексным показателем проходимости*, определяемым по формуле

$$P_0 = \sqrt[3]{P_{nc} \cdot P_{sc} \cdot P_x}. \quad (5.1)$$

Проходимость по несущей способности

$$P_{nc} = 1 - p/p_0, \quad (5.2)$$

где p – среднее давление в пятне контакта движителя с опорной поверхностью;

$p_0 = A_0 + B_0 (L / S)$ – несущая способность торфяной залежи, кПа;

A_0 – сопротивление мятию, кПа;

B_0 – сопротивление срезу по периметру опорной поверхности, Н/м;

$L = 2(a + b)$ – периметр пятна контакта, м;

$S = a \cdot b$ – площадь опорной поверхности, м².

Рекомендуемые значения A_0 и B_0 в зависимости от условий работы торфяных машин приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Величины A_0 и B_0	Условия работы машины		
	Уплотненные поля добычи	Неуплотненные поля добычи	После ремонта полей добычи
A_0 , кПа	80	65	60
B_0 , кПа·м	8,0	7,0	6,5

Проходимость по сцеплению

$$P_{\text{сц}} = 1 - P_{\text{п}} / P_{\text{сц}}, \quad (5.3)$$

где $P_{\text{п}}$ – сила сопротивления движению на прямолинейном участке пути, кН;

$$P_{\text{сц}} = mg(f \pm \sin \alpha) + P_{\text{кр}}, \quad (5.4)$$

где mg – вес машины с грузом, кН;

α – продольный угол уклона;

$P_{\text{кр}}$ – сила на крюке тягача или сопротивление от работы рабочих органов, кН;

$f = \lambda(0,04 + 0,3h)$ – коэффициент сопротивления движению учитывает внутреннее сопротивление в двигателе и сопротивление мятию грунта;

h – средняя деформация залежи в пятне контакта, м;

λ – коэффициент, зависящий от условий работы и отношения a/t (табл. 5.2);

a – расстояние между опорными катками гусениц;

t – шаг цепи).

Таблица 5.2

Значения коэффициента λ в зависимости от отношения параметров a/t и характерных условий эксплуатации машины

Условия работы машины	Отношение a/t		
	До 1,7	1,7–2,5	2,6–4,0
Добыча фрезерного торфа	0,75	1,00	1,35
Подготовка и осушение	0,85	1,25	1,60

Сила сцепления движителя с грунтом $P_{\text{сц}} = \varphi_0 \cdot m \cdot g$, где φ_0 – коэффициент сцепления движителя с залежью. При допустимой величине буксования (до 15 %) $\varphi_0 = 0,4$; при буксовании, близком к полному (70–90 %) $\varphi_0 = 0,65$.

Проходимость по установленной мощности на передвижение

$$P_x = 1 - N_{\text{п}} / N_x, \quad (5.5)$$

где $N_{\text{п}} = P_{\text{п}} \cdot w_0$ – мощность, потребляемая для движения с заданной теоретической скоростью w_0 при суммарном сопротивлении движению $P_{\text{п}}$;

$N_x = N_{\text{дв}} \cdot \eta - N_{\text{р.о}}$ – установленная для движения мощность;

$N_{\text{дв}}$ – эксплуатационная мощность двигателя;

η – КПД трансмиссии;

$N_{\text{р.о}}$ – мощность, потребляемая активными рабочими органами.

При вычисленной величине комплексного показателя проходимости P_0 категория проходимости определяется в соответствии с данными табл. 5.3.

Таблица 5.3

Величина P_0	Категория проходимости
До 0,30	Проходимость не обеспечена (отсутствует) Проходимость плохая Удовлетворительная Хорошая
0,31–0,50	
0,51–0,75	
Свыше 0,75	

Критерий проходимости для пассивного гусеничного прицепа определяется только проходимостью по несущей способности, т. е. $P_0 = P_{\text{н.с}}$. Для прицепов проходимость удовлетворительная при значении $P_0 \geq 0/3$.

5.2. Маневренность мобильных горных машин и агрегатов

Маневренность характеризует возможность движения машины или агрегата в условиях ограниченного пространства по заданному маршруту. От маневренности зависят ширина полосы на техноло-

гических площадках для разворота, схема работы и производительность машин.

Маневренность оценивается:

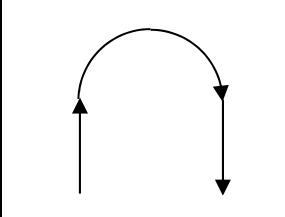
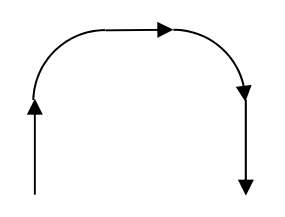
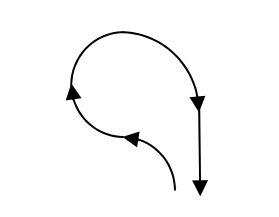
- наименьшим радиусом поворота R_{\min} ;
- угловой скоростью поворота w ;
- шириной полосы движения $B_{\text{п}}$.

Радиус поворота – расстояние от центра вращения корпуса машины до ее плоскости симметрии. Простейший поворот состоит из трех фаз:

- вход в поворот (R и ω – переменные);
- равномерный поворот (R и $\omega = \text{const}$);
- выход из поворота (R и ω – переменные).

Однако на практике машины и агрегаты вынуждены совершать и более сложные повороты (рис. 5.1):

а) безпетлевые

		
по дуге окружности;	по дуге окружности с прямым участком;	с уступами влево и (или) вправо;

б) петлевые

в) с реверсивным участком

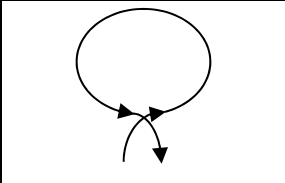
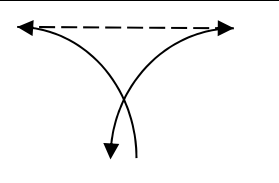
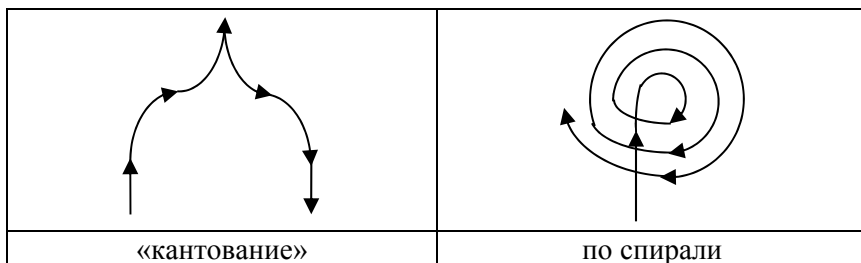
		
с уступами влево и вправо;	с уступами влево или вправо;	петлевой с реверсивным участком;

Рис. 5.1. Схемы маневрирования мобильных горных машин

г) по челночной схеме

д) по криволинейной траектории



Окончание рис. 5.1

Для обеспечения поворота применяются несколько принципиальных схем и механизмов управления:

- поворотные колеса или оси;
- машины с шарнирно-сочлененными рамами;
- бортовая схема поворота; схема «краб», т. е. со всеми управляемыми колесами.

В многозвенных машинно-тракторных агрегатах при повороте наблюдается их складывание в шарнирах сцепки, угол которого зависит от радиуса поворота и конструктивных параметров сцепных устройств ведущих и ведомых звеньев.

6. ОБЩИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

6.1. Правила и методы проектирования

1. При проектировании изделия независимо от официально установленных стадий разработки следует придерживаться определенной последовательности:

а) определить сущность проектного задания и сформулировать принципиальные вопросы, которые предстоит решить для выполнения заданных требований – *уяснение задачи*;

б) рассмотреть все возможные конструктивные решения изделия, фиксируя их – *разработка вариантов*;

в) отыскать в каждом решении недостатки, стараясь при этом уменьшить их влияние применительно к основному назначению – *анализ вариантов*;

г) найти решение с наименьшим числом недостатков – *выбор оптимального варианта*;

д) разработка документации для реализации замысла – *конструирование*.

2. Варианты разрабатываются на базе анализа, интуиции и воображения, а затем подтверждаются расчетами и экспериментами.

3. Следует идти от общего к частному, т. е. сначала разрабатывать только принципиальные решения изделия, а затем подбирать и разрабатывать его основные составные части.

4. При конструировании изделий следует иметь в виду, что их составные части можно и нужно разделять на *три группы*:

а) изделия и их элементы, передающие и воспринимающие основные нагрузки при эксплуатации, у которых размеры могут быть определены расчетным путем (валы, оси, шестерни, звездочки, шлицевые и шпоночные соединения и т. д.);

б) изделия, находящиеся под нагрузкой, имеющие сложную форму, подверженные сложной деформации, расчет которых вследствие сложности и малой вероятности на достоверность обычно не производят, а устанавливают на основе экспериментальных данных (станины, рамы, корпуса редукторов и т. п.);

в) изделия, испытывающие столь незначительные нагрузки, что производить их силовой расчет нет необходимости (кожухи, брызговики и т. п.).

5. При выборе аналогов должна быть *конструктивная преемственность*, т. е. использование предшествующего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей. Вводить в проектируемое изделие все полезное, что есть в существующих конструкциях машин. Нужно пытаться найти конструктивное решение на базе уже известных, хорошо зарекомендовавших себя на практике машин и механизмов.

6. Важно *знать историю техники*, чтобы избежать ошибок и повторений. При этом следует быть в курсе направлений развития передовых отраслей и ведущих фирм-разработчиков (авиация, авто-тракторостроение).

7. Важно изучение зарубежного опыта, знать специфику данной отрасли и условия эксплуатации, что должно быть учтено при разработке изделия.

8. С учетом выбора аналогов проектирование каждого последующего изделия следует *начинать с изучения научно-технической литературы и патентных материалов*. В патентах содержатся, как правило, принципиально новые решения актуальных проблем, дающие значительный экономический или иной эффект.

9. Разработка варианта изделия начинается с *компоновки*, т. е. взаимной увязки его составных частей. При этом решаются главные вопросы:

а) выбор рациональной кинематической и силовой схемы;

б) избегание изгиба и кручения металлоконструкции, отдавая предпочтение растяжению и сжатию;

в) определение размеров и параметров основных составных частей.

10. В элементах металлоконструкций, работающих на кручение или одновременно и на изгиб, применяют профили замкнутого (коробчатого) сечения (рис. 6.1).

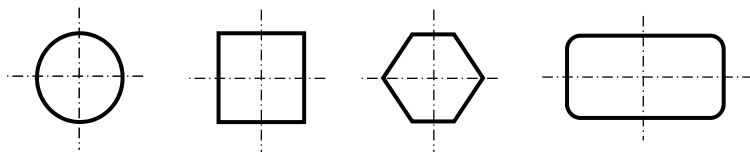


Рис. 6.1. Основные профили замкнутого сечения

11. На ранних стадиях проектирования *необязательна полная разработка* варианта. Ее глубина должна быть достаточна для сравнения показателей качества.

12. При принятии конструктивных решений широко используются *эмпирические приемы*. Они базируются на опытных данных наблюдений или специальных экспериментов, проведенных для проверки правильности конструкторских решений.

13. Снижение материальных затрат достигается применением *моделирования*, основанного на замене объекта или его составного элемента более дешевой моделью.

14. Наилучшие результаты по оптимизации вариантов достигаются при *математическом моделировании* с использованием базовых пакетов программ на современных ЭВМ.

6.2. Принципы конструирования изделий, основанные на унификации

1. **Секционирование** заключается в разделении изделия на одинаковые секции или образование изделий набором унифицированных секций (конвейеры, широкозахватные фрезеры и валкователи). Секционирование позволяет легко приспособлять изделие к частным условиям эксплуатации.

2. **Изменение линейных размеров**. При этом с целью получения различной производительности изменяют только длину, сохраняя форму и размеры поперечного сечения базового изделия (дробилки, фрезы, мостовые краны).

3. **Метод базового агрегата** – это применение базового изделия, превращенного в машину различного назначения присоединением к нему специального исполнительного оборудования (универсальный экскаватор: прямая или обратная лопата, драглайн, грузовой крюк; различное навесное оборудование на автомобильном или тракторном шасси).

4. **Параллельное соединение** применяется с целью увеличения общей мощности или производительности изделия, а также повышение маневренности, надежности и гибкости технологического процесса. Спаренные изделия могут быть установлены как независимые, так и конструктивно объединенные в одно целое (судно с двумя винтами, многомоторный самолет, двухдизельный генера-

тор, установка нескольких дробилок, сушилок и прессов на брикетном заводе или горно-обогажительной фабрике).

5. **Модифицирование** – это частичное изменение изделия с целью приспособления его к иным условиям работы и видам продукции без изменения основной конструкции (болотоходный трактор, карьерный самосвал для работы в арктических или тропических условиях).

6. **Агрегатирование** заключается в создании изделий путем сочетания унифицированных составных частей и элементов, установленных в различных комбинациях на общей станине или раме (комбайн для селективной выемки породы).

7. **Конвертирование** (преобразование). Базовое изделие используют для осуществления других рабочих процессов (перевод бензинового карбюраторного двигателя на газовое топливо; использование окаранивающей машины для укладки гидроизоляционного слоя на откосы штабелей торфа).

6.3. Особенности проектирования приводов горнодобывающей техники

Проектирование горных машин включает в себя наряду с решением вопросов отработки оптимальной общей компоновочной схемы изделия также и конструирование составных частей: трансмиссий, движителей, приводов и исполнительных рабочих органов. Поэтому следует учитывать следующие рекомендации.

1. Движение горных машин по неровной опорной поверхности сопровождается упругими деформациями их рам, что вызывает взаимное перемещение механизмов друг относительно друга. Вследствие этого соединение нескольких механизмов, а также внутренняя их компоновка полностью исключает применение многоопорных валов. Длинные валы следует устанавливать на двух сферических самоустанавливающихся подшипниках, один из которых (со стороны приводной передачи) фиксируется в опоре неподвижно, а второй – с возможностью осевого перемещения в расточке корпуса (плавающая опора). Расчет реакций в опорах вала проводится в этом случае по классической схеме двухопорной статически определенной балки (рис. 6.2).

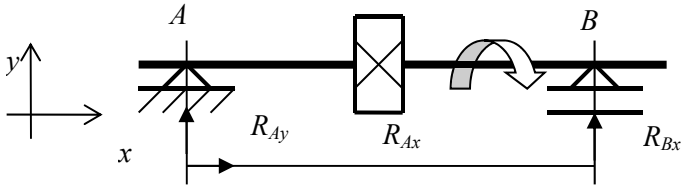


Рис. 6.2. Расчетная схема вала в виде двухопорной балки

Применение плавающей опоры обусловлено необходимостью компенсации отклонений вследствие:

- неточности изготовления и монтажа;
- осевого перемещения вала относительно опоры при его упругом изгибе;
- температурное изменение длины вала, которое определяется выражением

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t, \quad (6.1)$$

где α – температурный коэффициент линейного расширения (для стали $\alpha = (12...17) \cdot 10^{-6}$, 1/град);

l – длина вала между опорами при температуре монтажа;

Δt – перепад температур во время транспортировки, хранения и эксплуатации изделия.

2. Для соединения валов следует применять муфты, обеспечивающие компенсацию некоторой несоосности и углового несовпадения осей вращения валов (зубчатые и цепные муфты).

3. Для обеспечения центрирования валов под опорные лапы корпусов механизмов при независимом их креплении на раме следует предусматривать пластины из тонколистового материала; при фланцевом креплении, например, гидромотора или электродвигателя к редуктору – центрирующие буртики.

6.4. Проектирование карданных телескопических валов

В приводах горных машин для передачи крутящего момента к исполнительным органам и активным движителям широко используются карданные телескопические валы (КТВ). Они представляют

собой разновидность соединительных муфт, обеспечивающих кинематическое соединение валов, расположенных на значительном расстоянии друг относительно друга, а также перемещающихся вместе с шарнирно закрепленными составными частями машины или агрегата. КТВ состоит из трех основных частей, т. е. двух одинаковых карданных шарниров, соединенных телескопическим валом. Карданный шарнир, включающий две однотипные вилки, соединенные крестовиной с игольчатыми подшипниками, обладает существенным недостатком – при перекосе осей наблюдается несинхронное вращение ведомых частей относительно ведущих в пределах одного оборота.

Для обеспечения нормальной эксплуатации КТВ в составе машины необходимо на стадии проектирования и сборки соблюдать три условия:

- оси вращения ведущего и ведомого вала должны быть параллельны;
- однотипные вилки двух карданных шарниров должны быть расположены в одной плоскости;
- во время соединения частей телескопического вала необходимо совмещать метки, которые нанесены при балансировке.

КТВ с компактными вилками (автомобильного типа) допускают перекося оси телескопического вала относительно ведущего и ведомого хвостовиков в рабочем режиме до 7° , а кратковременный максимальный угол – до $(15...17)^\circ$. При использовании удлиненных вилок (тракторного типа) – максимальный угол до 40° .

Допустимая нагрузка на игольчатый подшипник карданного шарнира

$$[P] = \frac{7800 \cdot z_p \cdot l_p \cdot d_p}{\sqrt[3]{n \cdot \text{tg} \gamma}}, \text{ кН}, \quad (6.2)$$

где z_p – число роликов в игольчатом подшипнике;

l_p, d_p – длина и диаметр ролика, м;

n – частота вращения вала, с^{-1} .

Допустимый крутящий момент для карданного шарнира

$$[M_{\text{кр}}] = [P] \cdot h, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (6.3)$$

где h – расстояние между цапфами крестовины, м.

Во время работы КТВ происходит осевое перемещение сопряженных частей в телескопическом соединении, которое вызывает дополнительные осевые и радиальные нагрузки на подвижные опоры (подшипники):

осевая

$$R_x = \frac{2M_{\text{кр}}}{d_{\text{ср}}} f \sin \gamma; \quad (6.4)$$

радиальная

$$R_y = \frac{2M_{\text{кр}}}{d_{\text{ср}}} f \cos \gamma, \quad (6.5)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр шлицевого соединения, м;

f – коэффициент трения в телескопическом соединении по боковым поверхностям.

7. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ МАШИНАХ

7.1. Основные колебательные системы в горных машинах

Колебания – это движения с определенной степенью повторяемости во времени. Они характеризуются *периодом*, *частотой* и *амплитудой*.

Период (τ) колебания, с, – время, в течение которого каждая точка колеблющегося тела совершает одно полное колебание. **Частота** (ν) – число полных колебаний, совершаемых телом за одну секунду ($\text{Гц} = 1$ колебание в секунду). **Амплитуда** (A), м, – расстояние от крайнего положения колеблющегося тела до среднего положения (положение равновесия).

Колебания подразделяются на низкочастотные ($\nu < 20$ Гц) и высокочастотные ($\nu \geq 20$ Гц – вибрации).

Подвижная система, выведенная из равновесия и предоставленная сама себе (в отсутствии вынуждающей силы), совершает затухающие колебания с собственной частотой ν_0 . При наличии внешней периодической силы система колеблется с частотой ν вынуждающей силы, оказывая ей тем меньшее сопротивление, чем ближе отношение ν_0/ν к единице, при этом амплитуда A интенсивно увеличивается и процесс может перейти в **резонанс**.

Периоды собственных колебаний некоторых систем:

а) математический маятник (груз, подвешенный на нерастяжимой нити)

$$\tau_0 = 2\pi\sqrt{l/g}; \quad (7.1)$$

б) вертикальные колебания груза на пружине

$$\tau_0 = 2\pi\sqrt{m/c}; \quad (7.2)$$

в) консольная балка с грузом на конце

$$\tau_0 = 2\pi\sqrt{f/g}; \quad (7.3)$$

г) двухопорная балка с грузом на середине пролета

$$\tau_0 = 2\pi\sqrt{f_1 / g}, \quad (7.4)$$

где l – длина подвеса;

g – ускорение свободного падения;

m – масса груза;

c – жесткость пружины;

f и f_1 – прогиб балки на свободном конце и по середине.

В деталях машин происходят **крутильные колебания**, вызывающие деформации и напряжения кручения. Данная крутильная колебательная система включает в себя упругий вал определенной длины с закрепленными на его концах сосредоточенными массами. Если вал с закрепленными массами закрутить на некоторый угол и предоставить системе свободу, то концевые массы вала станут совершать относительно некоторого неподвижного сечения вала затухающие крутильные колебания навстречу друг другу. Период крутильных колебаний

$$\tau_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{I_{\text{в}}\sigma_{\text{в}}}} \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2}, \quad (7.5)$$

где l – расстояние между центрами масс;

$I_{\text{в}}$ – полярный момент инерции площади сечения вала;

$\sigma_{\text{в}}$ – модуль сдвига материала вала;

I_1 и I_2 – моменты инерции масс, находящихся на концах вала.

7.2. Причины вынужденных колебаний в горных машинах

1. Несовпадение центра тяжести механизма с геометрической осью его вращения вызывает появление центробежной силы

$$P_{\text{ц}} = m\omega^2 r, \quad (7.6)$$

где m – масса вращающегося тела, кг;

ω – угловая скорость вращения, рад/с;

r – смещение центра масс O_1 относительно оси вращения O_0 , м.

Регулярное изменение направления силы $P_{ц}$ является причиной колебаний с вынужденной частотой $\nu_1 = n = \omega / (2\pi)$. Величина mgr называется дисбалансом.

2. Взаимодействие экскавирующих органов, выполненных в виде фрез, с обрабатываемой поверхностью или массивом горной породы. Действующая на фрезу реакция залежи имеет импульсный характер и является вынуждающей силой колебаний, частота которых определяется распределением режущих элементов на поверхности фрезы и частоты ее вращения $\nu_1 = n \cdot z$, Гц.

3. Причиной колебания машины на деформируемом основании может являться взаимодействие опорных катков гусениц со стыками траков звенчатой цепи при жестком креплении осей опорных катков на балках. Оно проявляется на скоростях движения 15 км/ч и выше. Это имеет место и в случае применения жестких балансиров. Явление усугубляется, если расстояние между опорными катками равно шагу (или кратно полному числу шагов) гусеничной ленты.

4. Интенсивные колебания колесных машин происходят при передвижении по жесткому опорному основанию, когда колеса оснащены развитыми грунтозацепами с малой плотностью рисунка протектора.

5. Гармонические колебания сопровождают передвижение горных машин, оснащенных шагающим движителем (например, отвалообразователи шагающие). Их частота кратна циклу шага, выполняемого исполнительным механизмом.

7.3. Напряжения и мощность в колебательных системах

Экспериментальными исследованиями установлено, что при колебаниях амплитуда превышает отклонение (деформацию) от равновесия системы по сравнению со случаем статического приложения силы, равной по значению вынуждающей силе. Отношение $A / A_{ст} = \mu$ – динамический коэффициент, где A – амплитуда колебаний системы под действием возмущающей силы с частотой ν ; $A_{ст}$ – статическое смещение или деформация, которую вызвала бы максимальная возмущающая сила, будучи приложенная в статике или с очень малой скоростью.

Динамический коэффициент определяют по следующей зависимости:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\nu^2}{\nu_0^2}\right)^2 + \left(\frac{\delta\nu}{\pi\nu_0}\right)^2}}, \quad (7.7)$$

где δ – коэффициент затухания, с^{-1} .

Для условий колебания машины на торфяной залежи $\delta \approx (3 \dots 10) \text{с}^{-1}$. Для стальной балки можно принимать $\delta = 0$, поэтому для вибрирующих стальных деталей предыдущее выражение (6.1) принимает частный вид:

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{\nu^2}{\nu_0^2}}. \quad (7.8)$$

С использованием коэффициента μ можно вычислить напряжение в вибрирующей детали

$$\sigma = \sigma_{\text{ст}} + \mu\sigma_p, \quad (7.9)$$

где $\sigma_{\text{ст}}$ – напряжение, вызванное статической нагрузкой, например, собственным весом;

σ_p – напряжение, которое вызвала бы возмущающая сила (ее максимальное значение), будучи приложенная статически.

В случае резонанса ($\nu \approx \nu_0$) динамический коэффициент μ неограниченно возрастает ($\mu \rightarrow \infty$) и на основании формулы (6.3) неограниченно возрастает напряжение в вибрирующих элементах.

Поскольку для деформируемых грунтов $\mu = 1$ даже при полном резонансе, то значительного увеличения напряжений под опорной поверхностью машин не происходит.

Средний расход энергии на вибрацию системы массой m с частотой ν при амплитуде A (это может быть и средняя мощность на предупреждение вибраций)

$$N_{\text{ср}} = (2\pi\nu A)^2 m\delta, \text{ Вт}. \quad (7.10)$$

Из предыдущих выражений следует, что колебания изделий из стали, вследствие малого значения δ , сопровождаются малым расходом энергии, но могут быть причиной больших деформаций и даже их разрушения при резонансе.

Длительное воздействие колебаний на оператора или машиниста вызывают вибрационную болезнь.

7.4. Классификация колебательных процессов в мобильных машинах

Колебательные процессы в горных машинах разделяют на три группы:

1. Колебания отдельных деталей машин.
2. Крутильные колебания в многомассовых динамических системах «трансмиссия – движитель» или «силовой привод – рабочий орган».
3. Низкочастотные колебания и переходные процессы в системах машины.

Основным источником возбуждения колебаний отдельных деталей в тягаче или самоходной машине является двигатель. Эти колебания возникают от неуравновешенных вращающихся масс, а также от возвратно-поступательного движения частей шатунно-поршневой группы. Они возбуждаются в шестеренчатых парах трансмиссии и силового привода, передаются на детали корпуса и системы управления.

Колебания отдельных деталей являются периодическими по углу поворота коленчатого вала двигателя и происходят с частотой, равной или кратной частоте вращения двигателя. Спектр их широк, но резонансные значения определяются собственной частотой колебаний отдельных деталей (как правило, это вибрации).

Вибрации, действующие наряду со статическими нагрузками, вызывают более интенсивно усталостные повреждения деталей. Вследствие этого отмечают, во-первых, поломки трубок, элементов обшивки, стенок кабины, корпусных деталей по сварным швам; во-вторых, ослабляются крепежные соединения и посадочные места, увеличивается износ подвижных пар и соединений.

Вибрация тонкостенных и корпусных деталей создает шум, в том числе и в кабине. Вибрация рычагов управления, приборов и других деталей, окружающих водителя, помимо шумового эффекта создает дискомфортные условия для его работы.

Наряду с высокочастотными (вибрации) детали горных машин подвергаются низкочастотным колебаниям, которые возникают чаще от внешних воздействий на движущийся объект, таких как колебания нагрузки от рабочих органов, от неровности опорной поверхности и другие. Эти колебания могут быть разовыми или проходить по случайному закону. Они также ухудшают условия труда машиниста и могут вызвать поломки деталей.

Крутильные колебания представляют собой деформацию кручения валов, происходящую по периодическому или близкому к нему закону. Большинство горных машин можно рассматривать как классический пример крутильной колебательной системы, состоящей из сосредоточенных масс, распределенных по длине кинематических цепочек и соединенных упругими элементами (валами).

К числу источников крутильных колебаний помимо двигателя относятся: гусеничное зацепление, карданные, клиноременные и цепные передачи, соединительные (особенно втулочно-пальцевые) и предохранительные (фрикционные и кулачковые) муфты, неравномерность нагрузки на рабочих органах и другие.

Расчет крутильных колебаний проводится для оценки уровня колебаний и динамических нагрузок в отдельных сборочных единицах системы на резонансных режимах, т. к. они опасны именно резонансными значениями.

Таким образом, крутильные колебания влияют в основном на показатели надежности и долговечности машин. Низкочастотные крутильные колебания являются возмущающими для САР (системы автоматического регулирования) двигателя, поэтому они относятся также и к области тяговой динамики тракторов.

Низкочастотные колебания и переходные процессы в системах мобильных горных машин и многозвенных МТА возникают от источников как в самой машине, так и от внешних воздействий: неровности поверхности технологических полей или дороги; криволинейное движение, неравномерная нагрузка на крюке, при разгоне или торможении. К ним относятся колебания в системах поддрессирования, регулирования частоты вращения коленвала двигателя, рулевого управления.

Низкочастотные колебания следует разделить на установившиеся вокруг какого-либо среднего уровня и неустановившиеся или пере-

ходные, типичными из которых являются процессы трогания с места, разгон и торможение МТА.

Общим свойством для всех разновидностей колебаний, происходящих в мобильных горных машинах и МТА, является то, что *на их возбуждение и поддержание затрачивается энергия одного источника – двигателя*. Поэтому уровень и интенсивность всех колебаний, сопровождающих работу машин, влияют на их энергетические показатели, а следовательно, на производительность и топливную экономичность.

С учетом вышерассмотренных групп колебаний можно выделить отдельные аспекты общей динамики горных машин:

- динамика и надежность;
- динамика и условия труда машиниста;
- динамика и тяговые показатели;
- динамика и технологичность.

Последние два можно рассматривать как один общий раздел теории проектирования горных машин, т. к. они являются *функциональными*.

По мере повышения энергонасыщенности и скоростей движения горных машин интенсивность тягово-динамических процессов значительно возросла. Повысилась неравномерность колебаний нагрузки на крюке в 1,3–1,6 раза, колебаний нагрузки на двигатель – примерно в 1,7 раза, существенно увеличились колебания остова машин, а например, заданную траекторию движения, особенно колесного трактора с широкозахватным оборудованием, удается сохранять вследствие более частого воздействия на рулевой механизм.

8. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (ЕСКД)

8.1. Определение и назначение ЕСКД

ЕСКД – комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые правила и положения по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, создаваемой всеми предприятиями и организациями на территории СНГ.

Основное назначение стандартов ЕСКД заключается в установлении единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации (КД), что обеспечивает:

- 1) возможность обмена КД без их переоформления;
- 2) исключает дублирование и разработку не требующихся в производстве документов;
- 3) снижает трудоемкость проектно-конструкторских разработок вследствие упрощения форм КД;
- 4) обеспечивает механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;
- 5) улучшает условия технической подготовки производства.

Установленные стандартами ЕСКД *правила и положения распространяются:*

- на все виды конструкторских документов;
- на учетно-регистрационную документацию и документацию по внесению изменений в КД;
- на нормативно-техническую и технологическую документацию, а также на научно-техническую и учебную литературу.

Обозначение стандартов ЕСКД строится на классификационном принципе. Номер стандарта составляется из цифры «2», присвоенной классу стандартов ЕСКД; одной цифры после точки, обозначающей классификационную группу стандартов; за ней следует двухзначная цифра, определяющая номер стандарта в данной группе; затем знак «-» и после тире – двухзначная цифра, указывающая год регистрации стандарта. Например: ГОСТ 2.101-78. При этом обозначение классификационных групп стандартов ЕСКД (значение цифры после точки) следующее:

- 0 – общие положения;
- 1 – основные положения;

- 2 – классификация и обозначение изделий;
- 3 – общие правила выполнения чертежей;
- 4 – правила выполнения чертежей машино- и приборостроения;
- 5 – правила обращения КД (учет, хранение, дублирование, внесение изменений);
- 6 – правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации;
- 7 – правила выполнения схем;
- 8 – правила выполнения документов строительных и судостроения;
- 9 – прочие стандарты.

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее часто встречающиеся группы.

8.2. Виды изделий (ГОСТ 2.101-68)

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. В зависимости от назначения различают изделия **основного** и **вспомогательного производства**. К изделиям основного производства относятся изделия, предназначенные для поставки (реализации); к вспомогательного – предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготавливающего их. Различают:

– **неспецифицированные** изделия (детали), которые не имеют составных частей;

– **специфицированные**, состоящие из двух или нескольких составных частей.

Официально установлены следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты (рис. 8.1).

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (вал, шестерня, литой корпус редуктора и т. п.). К деталям относятся изделия, подвергнутые защитным и декоративным покрытиям или изготовленные с применением местной сварки, пайки, склепки (хромированный болт или колпак; труба или коробка, сваренные из одного листа металла и т. п.).



Рис. 8.1. Виды изделий

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчивание, сочленение, клепка, пайка, опрессовка, развальцовка, сшивка, склеивание, укладка); например: экскаватор, редуктор, подшипник и т. п.

Комплекс – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Каждое из входящих в комплекс изделий служит для выполнения одной или нескольких *основных* функций, установленных для одного комплекса (оборудование брикетного завода или обогатительной фабрики; комплекс машин для добычи фрезерного торфа). В комплекс могут входить также детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций (детали и приспособления для монтажа комплекса на месте применения).

Комплект – два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект запчастей; комплект инструментов и принадлежностей).

Покупные изделия – изделия, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые им в готовом виде, кроме получаемых им в порядке кооперации.

8.3. Виды и комплектность конструкторских документов (ГОСТ 2.102-68)

Конструкторский документ включает графические и текстовые документы, которые в отдельности или совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Официально установлено 28 видов конструкторских документов:

- 1) чертеж детали;
- 2) сборочный чертеж – СБ;
- 3) чертеж общего вида – ВО;
- 4) теоретический чертеж – ТЧ;
- 5) габаритный чертеж – ГЧ;
- 6) монтажный чертеж – МЧ;
- 7) электромонтажный чертеж – МЭ;
- 8) упаковочный чертеж – УЧ;
- 9) схема (см. обозначения схем в разделе 8.7);
- 10) спецификация;
- 11) ведомость спецификаций – ВС;
- 12) ведомость ссылочных документов – ВД;
- 13) ведомость покупных изделий – ВП;
- 14) ведомость согласования применения покупных изделий – ВИ;
- 15) ведомость держателей подлинников – ДП;
- 16) ведомость технического предложения – ПТ;
- 17) ведомость эскизного проекта – ЭП;
- 18) ведомость технического проекта – ТП;
- 19) пояснительная записка – ПЗ;
- 20) технические условия – ТУ;
- 21) программа и методика испытаний – ПМ;
- 22) таблица – ТБ;
- 23) расчеты – РР;
- 24) эксплуатационные документы;
- 25) ремонтные документы;

- 26) патентный формуляр – ПФ;
- 27) карта технического уровня и качества изделия – КУ;
- 28) инструкция.

Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относятся гидромонтажные и пневмомонтажные чертежи.

Чертеж общего вида определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принцип работы изделия.

Схема – документ, на котором показаны в виде условных обозначений или изображений составные части изделия и связи между ними.

Спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Пояснительная записка – документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Расчеты – документ, содержащий расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность и т. п.

Инструкция – документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении (сборке, регулировке, контроле, приемке и т. п.) изделия.

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (на трех первых стадиях: техническое предложение, эскизный и технический проекты) и рабочие (на завершающей четвертой стадии – разработка рабочей конструкторской документации).

В зависимости от способа выполнения и характера использования КД носят следующие наименования:

- 1) оригиналы – документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников;
- 2) подлинники, т. е. оформленные подлинными установленными подписями и предназначенные для многократного воспроизведения с них копий;
- 3) дубликаты – это копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника и позволяющие снятие копий;

4) копии – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенные для непосредственного использования при изготовлении изделия.

Комплектность конструкторских документов различается на:

- основной конструкторский документ – ОКД;
- основной комплект конструкторских документов – ОККД;
- полный комплект конструкторских документов – ПККД.

За **ОКД** принимают: для деталей – чертеж детали; для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификацию.

ОККД изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию в целом; *например*, ВО или СБ, схемы кинематическая и гидравлическая принципиальные, ПЗ или РР, технические условия, эксплуатационные документы. Конструкторские документы на составные части изделия в ОККД не входят.

ПККД включает ОККД на данное изделие в целом, а также все ОККД на составные части данного изделия, примененные по своим ОКД.

8.4. Выполнение сборочных чертежей (ГОСТ 2.109-73)

Сборочный чертеж (СБ) должен содержать:

– изображение сборочной единицы, дающей представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивает взаимность сборки и контроля сборочной единицы;

– размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу (допускается указывать размер деталей, определяющих характер сопряжения);

– указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями, а пригонкой или подбором; указания о выполнении неразъемных соединений;

– номера позиций составных частей, входящих в изделие;

– габаритные, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры изделия;

– техническую характеристику изделия (при необходимости);

– координаты центра масс (при необходимости).

На СБ все составные части нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации на данную сборочную единицу. Номера позиций наносят на полках линий позиций. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один, два номера больше, чем для размерных чисел на том же чертеже. Для группы крепежных деталей и для деталей с отчетливой взаимосвязью допускается делать общую линию выноски с вертикальным расположением позиций.

На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части в крайнем или характерном промежуточном положении, при этом в крайнем положении они выполняются штрихпунктирной линией с двумя точками.

Для показания взаимного расположения сборочной единицы и соседних пограничных изделий на СБ допускается изображать соседние изделия (обстановку) и помещать размеры, определяющие взаимное расположение. Составные части изделия, расположенные за обстановкой, выполняют видимыми. Обстановка выполняется сплошными тонкими линиями; в разрезах и сечениях ее допускается не штриховать. На СБ допускается не указывать фаски, скругления, проточки и другие мелкие углубления; зазоры между стержнем и отверстием; кожухи, крышки и щиты, если необходимо показать составные части. При этом над изображением делается надпись типа «Ограждение поз. 6 условно не показано».

Неразъемные (сварные, паянные, клепанные) изделия из однородного материала в сборе с другими изделиями, выполненные на более ранних стадиях сборки, штрихуют в одну сторону как одно целое, сохраняя линии сопряжения.

Данным изделиям (сборочным единицам) присваивается общий номер позиции.

На СБ допускается упрощенное изображение подшипников качения и манжетных уплотнений в осевых разрезах (сечениях).

Для обозначения видов, разрезов, сечений, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением Н, О, Х, Ы, Ь, Ъ; размер шрифта больше размерных в два раза.

Текстовую часть помещают *только на первом листе* чертежа и *располагают над основной надписью*. Ширина колонки – 185 мм. Между ними не допускается располагать ни чертежа, ни таблицы. **Техническую характеристику** располагают отдельно от **техничес-**

ких требований (над ними) *с самостоятельной нумерацией пунктов*; оба заголовка не подчеркиваются.

8.5. Форма и порядок заполнения спецификаций (ГОСТ 2.108-68)

Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Она необходима для изготовления, комплектования КД, а также планирования запуска в производство указанных изделий. В спецификацию вносят составные части, входящие в данное специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям. Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по формам 1 (заглавный лист) и 1а (последующие).

Спецификация в общем случае состоит из восьми разделов, которые располагаются в следующей последовательности:

- 1) документация;
- 2) комплексы;
- 3) сборочные единицы;
- 4) детали;
- 5) стандартные изделия;
- 6) прочие изделия;
- 7) материалы;
- 8) комплекты.

Наименования разделов указывают заголовком в графе «Название» и подчеркивают.

В разделе «*Документация*» вносят документы, составляющие основной комплект КД специфицируемого изделия (ВО или СБ, КЗ, ГЗ, РР или ПЗ).

В разделах «*Комплексы*», «*Сборочные единицы*» и «*Детали*» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись рекомендуется производить в алфавитном порядке.

В разделе «*Стандартные изделия*» записывают изделия, примененные по государственным, республиканским и отраслевым стандартам; для изделий вспомогательного производства – по стандартам предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись

рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, крепежные изделия, подшипники, уплотнения, электротехнические изделия, гидроаппаратура и т. п.); в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий; в пределах каждого наименования – по возрастанию обозначений стандартов; в пределах каждого обозначения стандарта – по возрастанию основных размеров.

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные не по основным конструкторским документам, за исключением стандартных изделий (например, КПП или ЗВМ серийного трактора). Запись изделий производят по однородным группам; в пределах каждой группы – в алфавитном порядке.

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Их записывают по видам в следующем порядке: черные, ферромагнитные, цветные металлы; кабели провода, шнуры; пластмассы; бумажные и текстильные; лесоматериалы; резиновые и кожевенные; минеральные, керамические и стеклянные материалы; лаки, краски, нефтепродукты и химикаты; прочие материалы.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк и резервировать номера позиций для дополнительных записей.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии их размещения на листе формата А4. При этом ее располагают над основной надписью и заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах.

8.6. Форматы и масштабы

Стандартом (ГОСТ 2.301-68) установлены пять основных форматов, причем четыре последующих формата (А1, А2, А3 и А4) образованы от первого (А0) путем последовательного деления большей стороны пополам:

- 1) А0 – (841×1189), площадь которого равна 1 м²;
- 2) А1 – (594×841);
- 3) А2 – (420×594);

4) A3 – (297×420);

5) A4 – (210×297);

а также дополнительные форматы:

6) A0×2 – (1189×1682) и A0×3 – (1189×2523);

7) A1×3 – (841×1783) и A1×4 – (841×2378);

8) A2×3 – (594×1261), A2×4 – (594×1682), A2×5 – (594×2102);

9) A3×(3...7); A4×(3...9).

Основные ряды масштабов (ГОСТ 2.302-68) относительно изображения в натуральную величину, т. е. 1:1, следующие:

– уменьшения: 1:2, 1:2.5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:50, 1:100, 1:200 и т. д.;

– увеличения: 2:1, 2.5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1 и т. д.

Стандарт на масштабы не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т. п.

8.7. Схемы. Виды и типы (ГОСТ 2.701-76)

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяют на следующие виды:

– электрическая – Э;

– гидравлическая – Г;

– пневматическая – П;

– кинематическая – К;

– оптическая – Л.

Допускается разрабатывать следующие виды:

– вакуумная – В;

– автоматизации – А;

– газовая – Х.

Для изделия, в состав которого входят элементы разных видов, разрабатывают несколько схем соответствующих видов одного типа или одну комбинированную – С.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на типы:

– структурная – 1;

– функциональная – 2;

– принципиальная (полная) – 3;

- соединений (монтажная) – 4;
- подключения – 5;
- общая – 6;
- расположения – 7.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дает детальное представление о принципах работы изделия.

Примеры обозначения:

- Схема электрическая структурная – Э1;
- Схема кинематическая принципиальная – К3;
- Схема гидравлическая принципиальная – Г3.

8.8. Общие правила по выполнению схем

Согласно ГОСТ 2.701-76 схемы выполняются без соблюдения масштаба. При этом действительное пространственное расположение составных частей изделия соблюдается полностью или приблизительно.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и пересечений. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм. Линии связи выполняют толщиной от 0,1 до 1,0 мм (рекомендуется 0,3–0,4 мм). Графические изображения выполняют той же линией, что и линии связи. Если в условных обозначениях имеются утолщенные линии, то их выполняют в два раза толще.

Если в стандартах не установлены размеры графических обозначений элементов, то они должны изображаться на схеме в размерах, выполненных в стандартах. Допускается все обозначения пропорционально уменьшать; при этом просвет между линиями должен быть не менее 1 мм.

Условные графические обозначения изображаются как в стандарте или повернутыми на 90° (или кратный ему угол), а также можно изображать зеркально повернутыми или повернутыми на 45°. Если в условных обозначениях содержатся буквенные или цифровые изображения, то их допускается поворачивать *только против часовой стрелки на 45° и 90°*.

8.9. Выполнение кинематических принципиальных схем

На схемах (КЗ) должна быть показана вся совокупность кинематических соединений и их элементов, а также отражены кинематические связи.

Валы, оси, стержни изображают сплошными основными линиями ($s = 0,6 \dots 1,5$ мм); зубчатые колеса, звездочки, шкивы, подшипники и т. п. – сплошными $s/2$; контуры изделий, в которые вписана схема (корпус редуктора, КПП, ведущего моста и т. п.), – сплошными тонкими $s/3$; кинематические связи между вычерченными раздельно сопряженными звеньями пары – штриховыми $s/2$. Кинематические связи между элементами или между ними и источниками через немеханические (энергетические) участки изображают двойными штриховыми $s/3$.

Каждому изображенному на схеме элементу присваивается порядковый номер, начиная от источника. Валы и оси нумеруются римскими, все остальные – арабскими цифрами. Порядковый номер элемента проставляется на полке линии выноски; под полкой – его основные параметры или характеристика. Элементы покупных или заимствованных составных частей изделия (редуктор, КПП, задний ведущий мост) не нумеруют, а порядковый номер присваивают всему механизму с указанием под полкой линии выноски общих его параметров и (или) марки.

На кинематической схеме указывают наименования кинематической группы элементов, учитывая ее функциональное назначение (ВОМ, КПП, редуктор, привод фрезы, трактор, ротор и т. п.).

8.10. Выполнение гидравлических принципиальных схем

Гидравлические схемы выполняются в соответствии с ГОСТ 2.704-76. На схеме (ГЗ) изображают все гидравлические элементы и устройства, необходимые для осуществления сборки изделия и контроля в нем заданных гидравлических процессов, а также все гидравлические связи между ними.

Элементы и устройства представляются в виде условно графических изображений. При этом они должны иметь буквенно-цифровое

позиционное обозначение. Оно состоит из буквенного обозначения и порядкового номера, проставленного после буквенного обозначения (табл. 8.1).

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование устройства	Буквенное обозначение
1	Гидроаккумулятор	АК
2	Аппарат теплообменный	АТ
3	Гидробак	Б
4	Гидродроссель	ДР
5	Гидроклапан обратный	КО
6	Гидроклапан предохранительный	КП
7	Гидромотор	М
8	Насос	Н
9	Гидрораспределитель	Р
10	Фильтр	Ф
11	Гидроцилиндр	Ц

Порядковые номера элементам (устройствам), начиная с единицы, присваиваются в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например: Б; Н; Р; М1, М2; Ц1, Ц2, Ц3). Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения их сверху вниз, слева направо. Степень важности при этом не имеет приоритета. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или над ними.

Данные об элементах должны быть записаны в перечень, расположенный на первом листе над основной надписью; продолжение – слева от основной надписи. Элементы в перечень записываются группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, а в пределах группы располагаются по возрастанию основного показателя. Примеры обозначения элементов указаны в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Позиционное обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Б	Гидробак	1	ДТ-75Б
КП1, КП2	Клапан предохранительный КП-32/500	2	$p = 5 \text{ МПа}$
М	Гидромотор МГ16-14	1	$M_{кд} = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$
Н	Насос НШ-46У-Л	1	$Q = 1,25 \text{ дм}^3/\text{с}$ ДТ-75Б
Р	Гидрораспределитель КП-07.06.02.000	1	
Ф	Фильтр КП-07.06.03.000	1	Тонк.ф. 20 мкм

Допускается линиям связи присваивать порядковые номера, начиная с «1» по направлению потока среды. Номера линий связи представляют около обоих концов изображений. Длину линий слива и дренажа можно сокращать, повторно изображая бак возле элемента.

8.11. Габаритные чертежи (ГЧ)

По назначению ГЧ подразделяются на две категории:

- чертежи изготавливаемых или проектируемых изделий;
- справочные чертежи покупных изделий.

Число видов на ГЧ должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы дать исчерпывающее представление о следующем:

- о внешних очертаниях изделия;
- о положениях его выступающих частей (маховики, ручки, рычаги, кнопки);
- об элементах, которые должны быть постоянно в поле зрения (шкалы);
- о расположении элементов связи изделия с другими (смежными) изделиями.

Габаритный чертеж изделия выполняют сплошными основными линиями, а очертания перемещающихся частей в крайних положениях – штрихпунктирными тонкими с двумя точками. На ГЧ наносят габаритные размеры изделия, установочные и присоединительные размеры и, при необходимости, размеры, определяющие

положение выступающих частей. Допускается указывать координаты центра масс.

Габаритные чертежи, не предназначенные для изготовления по ним изделия, не должны содержать данных для их изготовления и сборки. На ГЧ не указывают, что все размеры, приведенные на них, справочные.

На ГЧ допускается приводить условия применения, хранения, транспортирования и эксплуатации изделия при отсутствии этих данных в техническом описании или технических условиях.

8.12. Нормоконтроль (ГОСТ 2.111-68)

Нормоконтроль регламентирует порядок контроля в конструкторской документации норм и требований, установленных стандартами и другими нормативно-техническими документами.

Требование нормоконтроля направлено:

- на соблюдение в разрабатываемых изделиях норм и стандартов;
- правильность выполнения КД в соответствии со стандартами ЕСКД;
- достижение в разрабатываемых изделиях высокого уровня стандартизации и унификации, а также ранее освоенных конструкторских решений и исполнений;
- рациональное использование установленных ограничительных номенклатур стандартизованных изделий, конструктивных норм (резьбы, диаметры, модули, допуски, посадки, конусности), марок материалов, профилей и размеров проката.

Конструкторская документация на изделия основного и вспомогательного производства подлежит нормоконтролю независимо от подчиненности и служебных функций подразделений, выпустивших указанную документацию.

1. В конструкторской документации всех видов проверяется:

- соответствие обозначения, присвоенного конструкторскому документу, установленной системе обозначений КД;
- комплектность документации;
- правильность выполнения основной надписи;
- правильность примененных сокращений слов;
- наличие и правильность ссылок на стандарты и другие н.-т. документы.

2. В текстовых документах (ПЗ, техническое описание, инструкция по эксплуатации, ТУ, ПМ и др.) проверяют дополнительно к вышеуказанному:

- соблюдение требований стандартов на текстовые КД (ГОСТ 2106-68);

- соответствие показателей и расчетных величин нормативным данным.

3. В ведомостях и текстовых документах – вышеуказанное, а также:

- соответствие форм ведомостей и спецификаций;

- правильность наименований и обозначений изделий и документов, записанных в ведомости и спецификации;

- возможности сокращения применяемой номенклатуры стандартизованных и покупных изделий;

- соответствие применяемых типоразмеров стандартизованных и покупных изделий установленным ограничительным номенклатурам;

- правильность составления ведомости разрешения на покупные изделия.

4. В чертежах всех видов – соблюдение требований, изложенных в пункте 1;

- выполнение чертежей в соответствии с ЕСКД на форматы, масштабы, изображения (виды, разрезы, сечения), нанесение размеров, условные изображения конструктивных элементов;

- рациональное использование конструктивных элементов, марок материалов, размеров и профилей проката, видов допусков и посадок и объединения близких по размеру и сходных по виду;

- возможность замены оригинальных изделий типовыми и ранее разработанными.

5. В схемах проверяют данные, указанные ранее, и дополнительно:

- соответствие условных графических обозначений элементов, входящих в схему, требованиям стандартов ЕСКД;

- соответствие наименований, обозначений и числа элементов, указанных на схеме, данным, приведенным в перечнях;

- использование типовых схем.

8.13. Общие требования к рабочим чертежам (ГОСТ 2.109-73)

Чертежи отдельных деталей разрабатываются на основании чертежа общего вида или сборочного чертежа на завершающей стадии проектирования.

1. Общие требования к рабочим чертежам и правила их разработки:

1.1. Необходимо оптимально применять стандартные и покупные изделия, а также другие изделия, освоенные ранее производством и соответствующие современному уровню развития техники.

1.2. Необходимо рационально ограничивать номенклатуру марок и сортов материалов, а также применять, по возможности, наиболее дешевые и наименее дефицитные материалы.

1.3. Необходимо рационально ограничивать номенклатуру резьб, шлицев и других конструктивных элементов.

1.4. Необходимо обеспечивать необходимую степень взаимозаменяемости, т. е. применять внутреннюю и внешнюю унификацию.

1.5. Применять наиболее выгодные способы изготовления и ремонта изделий, а также максимальное удобство их обслуживания при эксплуатации.

2. Рабочие чертежи, входящие к ККД, в совокупности с другими документами, на которые имеется ссылка, должны давать полное представление об устройстве изделия и его составных частей и содержать все данные, необходимые для его изготовления, контроля, испытаний и приемки. Рабочие чертежи выполняют, как правило, на все детали, входящие в состав изделия. Число сборочных чертежей должно быть минимальным, но достаточным для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделия.

3. На каждое изделие выполняют отдельный чертеж, за исключением группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками. В случае невозможности разместить все необходимые изображения на одном листе. Допускается выполнять чертеж на двух и более листах с указанием на них порядковых номеров, а на первом – общего числа листов. Главное изображение изделия вычерчивают на первом листе и не подписывают, а на всех последующих листах над изображением делают надписи типа: *Б-Б* (1:5) (1).

4. Наименование изделия в основной надписи чертежа и в спецификации записывают в именительном падеже в единственном числе.

Наименование должно быть, по возможности, кратким и соответствовать принятой терминологии. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте помещают имя существительное. В наименование не следует включать сведения о назначении и местоположении изделия.

5. На чертежах применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые), установленные государственными стандартами. Если они применены в соответствии с отраслевыми стандартами, то обязательна ссылка.

Допускается применять условные обозначения, не предусмотренные в государственных и отраслевых стандартах, тогда их разъясняют на поле чертежа.

Размеры условных знаков должны соответствовать требованиям стандартов, а при их отсутствии должны быть выполнены с учетом наглядности и ясности чертежа и выдержаны одинаковыми при многократном повторении.

6. При разработке рабочих чертежей необходимо стремиться к тому, чтобы при их использовании требовался минимум дополнительных документов и чтобы на чертеже содержался минимум ссылок на другие документы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, М. П. Грузоподъемные машины / М. П. Александров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 552 с.
2. Ананин, В. Моделирование рабочего оборудования карьерного экскаватора с механ. приводом и анализ его напряженного состояния в среде АРМ WinMachine [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7170&iid=293>.
3. Ануриев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3 т. / В. И. Ануриев ; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. Т. 1. – 920 с.
4. Гетопанов, В. Н. Горные и транспортные машины и комплексы / В. Н. Гетопанов, Н. С. Гудилин, Л. И. Чугреев. – М. : Недра, 1991. – 304 с.
5. Данилов, В. А. Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В. А. Данилов [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Тэхналогія, 2010. – 175 с.
6. Домбровский, Н. Г. Многоковшовые экскаваторы. Конструкция, теория и расчет. – М. : Машиностроение, 1972. – 432 с.
7. Казаченко, Г. В. Горные машины : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 1. Основы теории / Г. В. Казаченко [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 183 с.
8. Казаченко, Г. В. Горные машины : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2. Машины и комплексы для добычи полезных ископаемых / Г. В. Казаченко, В. Я. Прушак, Г. А. Басалай ; под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 228 с.
9. Казаченко, Г. В. Горные машины ; практикум : учебное пособие / Г. В. Казаченко, Г. А. Басалай, Г. И. Лютко. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 200 с.
10. Казаченко, Г. В. Особенности мощностного расчета комбайнов с комбинированными исполнительными органами. Часть 1. Баланс мощности проходческого комбайна с соосными роторами / Г. В. Казаченко, Н. В. Кислов, Г. А. Басалай // Горная механика. – 2009. – № 2. – С. 77–88.
11. Казаченко, Г. В. Опорно-ходовые устройства горных машин / Г. В. Казаченко, Г. А. Басалай, Е. В. Щерба ; под общ. ред. В. Я. Прушака. – Минск : ООО «Энергопринт», 2016. – 207 с.

12. Килячков, А. П. Технология горного производства / А. П. Килячков. – М. : Недра, 1992. – 414 с.
13. Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 290 с.
14. Машиностроение. Энциклопедия. Горные машины. Т. IV-24 / Ю. А. Лагунова [и др.] ; под общ. ред. В. К. Асташева. – М. : Машиностроение, 2011. – 496 с.
15. Подерни, Р. Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ / Р. Ю. Подерни : в 2 т. – М. : МГГУ, 2001. – 754 с.
16. Солод, В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы / В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. – М.: Недра, 1981. – 503 с.
17. Справочник по торфу / Под ред. А. В. Лазарева и С. С. Корчунова. – М. : Недра, 1982. – 507 с.

Учебное издание

БАСАЛАЙ Григорий Антонович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРНЫХ МАШИН
И ОБОРУДОВАНИЯ**

Пособие

для обучающихся по специальности 1-36 10 01 «Горные машины
и оборудование (по направлениям)»

Редактор *А. Д. Спичёнок*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 05.01.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,16. Уч.-изд. л. 4,00. Тираж 100. Заказ 566.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.