

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель
Л.А. ПУЧКОВ

*президент МГГУ,
чл.-корр. РАН*

Зам. председателя
Л.Х. ГИТИС

*директор
Издательства МГГУ*

Члены редсовета
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

академик РАЕН

А.П. ДМИТРИЕВ

академик РАЕН

Б.А. КАРТОЗИЯ

академик РАЕН

А.В. КОРЧАК

академик МАН ВШ

М.В. КУРЛЕНЯ

академик РАН

В.И. ОСИПОВ

академик РАН

В.Л. ПЕТРОВ

академик МАН ВШ

Э.М. СОКОЛОВ

академик МАН ВШ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

академик РАН

В.А. ЧАНТУРИЯ

академик РАН

Е.И. ШЕМЯКИН

академик РАН

ГОРНОЕ



МАШИНОСТРОЕНИЕ

А.Е. КРИВЕНКО

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование» направления подготовки «Технологические машины и оборудование»



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

2009

УДК 622.232
ББК 33 + 34.42
К 82

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253–03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124–94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.933.Д.012634.11.08

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-51/6)

Рецензенты:

- кафедры «Горные машины и горная электромеханика» Московского государственного открытого университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Ю. Д. Красников);
- гл. инженер И. Ф. Травин (ОАО «Гипроуглемаш»)

Кривенко А.Е.

К 82 Основы проектирования горных машин и оборудования: Учебное пособие для вузов. — М.: издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2009. — 105 с.: ил.

ISBN 978-5-98672-137-8

ISBN 978-5-7418-0581-7

Приведены основные понятия процесса проектирования, закономерности развития техники. Рассмотрены стадии проектирования, порядок организации и выполнения проектных работ в горном машиностроении, методы активизации творческой деятельности и направления учета человеческого фактора. Описаны избранные методы проектирования и приемы конструирования, используемые в технике. Показаны возможности компьютерных технологий на примере твердотельного моделирования и параметрического проектирования.

Для студентов горных вузов, обучающихся по специальности «Горные машины и оборудование» направления подготовки «Технологические машины и оборудование».

УДК 622.232
ББК 33 + 34.42

ISBN 978-5-98672-137-8

ISBN 978-5-7418-0581-7

© А.Е. Кривенко, 2007, 2009

© Издательство «Горная книга», 2009

© Издательство МГГУ, 2007, 2009

© Дизайн книги. Издательство
МГГУ, 2007, 2009

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении почти 40 лет при подготовке инженеров-конструкторов по горным машинам и оборудованию в цикле дисциплин специальной подготовки включается дисциплина, носившая названия: «Расчет и конструирование горных машин и комплексов», «Конструирование и производство горных машин и комплексов», «Проектирование и конструирование горных машин и комплексов», «Основы проектирования горных машин и оборудования».

Определенное разнообразие в названии дисциплины явилось не случайно, а отображало некоторое состояние проектно-конструкторских работ в области создания горных машин.

Очевиден факт, что на ранних этапах создания нового оборудования, речь шла о разработке машин, которые с той или иной эффективностью механизировали отдельные технологические процессы. В тот период по целому ряду причин не ставились задачи проектирования систем забойного оборудования, объединенного в комплексы или агрегаты. Препятствиями являлись общая неподготовленность технических объектов, где возможна была бы эксплуатация оборудования, неподготовленность производственной базы, отсутствие общей методологии проектирования, неразвитая экспериментальная база и др.

В этот период основное внимание уделялось вопросам конструирования. Данное обстоятельство нашло отражение в раннем названии курса «Расчет и конструирование горных машин».

Прогресс в машиностроении и, в частности, в горном, обусловил переход на разработку комплексов оборудования, что привело к углубленным предпроектным исследованиям.

Оценивались ожидаемые результаты внедряемых мощных комплексов, возможности их реализации, развивалась лабораторная и экспериментальная база.

Круг вопросов, которые приходилось решать в процессе конструирования, существенно расширился. Помимо основного обо-

рудования стали создавать, так называемые средства малой механизации, которые устраняли или снижали долю тяжелого физического труда. Конкретной реализации в чертежах замысла конструктора предшествовал анализ, начинавшийся с выявления потребностей, возможностей производства, поставщиков, рынка сбыта, экологических последствий, экономической оценки эффективности конструкций, эргономической оценки, социальных последствий и др.

Новые образцы оборудования открывали, в той или иной степени, новые возможности в эксплуатации. В практическое русло перешла возможность добычи угля без постоянного присутствия людей в очистном забое, механизированная и, частично, автоматизированная выемка угля, начиная с пластов мощностью 0,6 м и др.

Процесс конструирования стал рассматриваться как часть более общего комплексного процесса проектирования, в основу которого был положен системный подход. В этом случае каждое частное решение оценивалось с позиции эффективности всей системы в целом. Исходя из данных обстоятельств, можно объяснить трансформацию курса «Расчет и конструирование горных машин и комплексов» в курсы «Проектирование и конструирование горных машин и комплексов» и в «Основы проектирования горных машин и оборудования».

К сожалению, приходится констатировать, что вопросы изложения именно аспектов проектирования на примерах объектов горного машиностроения пока не получили достаточного освещения. В этом сказывается определенный консерватизм при анализе и обобщении имеющихся результатов, а также в распространении передового опыта.

ГОРНЫЕ МАШИНЫ
И РАЗВИТИЕ
ПРОЦЕССА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава

1

1.1

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫЕМОЧНЫХ РАБОТ

В настоящий момент комплексная механизация выемочных работ подземным способом составляет 83 %. Имеет место резкое отставание в технико-эксплуатационных показателях работы оборудования по сравнению с зарубежными данными. Средняя нагрузка на комплексно-механизованный забой по стране составляет 720 т/сут. За рубежом этот показатель достигает 7000 т/сут. и более. Ухудшился шахтный фонд. Возросла глубина и загазованность разрабатываемых пластов, увеличилась протяженность транспортных линий.

Наблюдения показывают, что ресурс механизированных крепей не превышает 4,5 г., комбайнов — 500 — 600 тыс. т добычи, конвейера — до 1 млн т. Средняя добыча не превышает 12 т/на выход. Наблюдается тенденция сокращения числа действующих забоев и повышение нагрузки на них. Улучшение качества работы оборудования возможно на основе увеличения его ресурса. Перед проектировщиками и машиностроителями стоит задача повысить ресурс комбайнов до 5 млн т., срок службы крепей — до 10 лет, ресурс конвейеров — до 3 — 5 млн т.

Максимальная длина очистных комплексов достигает 300 м. Возрастает металлоемкость и энерговооруженность оборудования. Эксплуатируются механизированные крепи преимущественно щитового типа из толстой листовой упрочненной стали (40 — 50 мм). Масса секций в диапазоне 10 — 22 т. Растет несущая способность крепи. Так, Юргинский завод выпускает комплексы КМ138 для тяжелых кровель с сопротивлением крепи до 1000 кН/м².

На базе модульного блочного комбайна К500 с энерговооруженностью 635 кВт разрабатывается гамма очистных комбайнов. В схеме комбайнов применено поперечное расположение двигателей, повышающее надежность трансмиссии. Там, где позволяют размеры рабочего пространства, привод систем подачи заменяется с компактного, но недолговечного гидравлического на электрический. В скребковых конвейерах используются цепи калибра 26 мм и более, цепи вынесены из-под направляющих для уменьшения износа. Осуществляется переход на литые решетки, использование износостойких сталей, двухскоростные двигатели. Ведутся работы по автоматизации выемочных комплексов. Увеличение нагрузки на забой возможно с ростом скорости крепления. Это может быть достигнуто при сокращении времени передвижки, секций с 20 — 25 с до 12 — 15 с.

Растет энерговооруженность стругов до 300 кВт. Ведутся работы по переходу на радиоуправление комбайнов.

При ведении подготовительных работ в 1993 г. было пройдено 1353 км выработок. Преимущественный способ — комбайновый. Основной парк представлен комбайнами старых типов ПК-3р, ГПКС, 4ПП2М.

В настоящее время ведутся работы по повышению ресурса оборудования в 1,5 — 2 раза. На смену цилиндрическим редукторам приходят планетарные. Для этого повышена точность зубчатых передач с 12 до 4 класса, используется новая высокопрочная литейная сталь.

Завершаются работы по созданию новых проходческих комбайнов, таких, как КП20Б с приводом в 1,5 раза мощнее привода комбайна ГПКС, КП25 с двусторонним двигателем 140 кВт в приводе исполнительного органа. В комбайне применено дистанционное управление.

Комбайн КП60 с двигателем исполнительного органа 220 кВт, что расширяет область его работы по породам с контактной прочностью до 130 МПа. Аналогично ведутся работы по созданию буровых станков типа УБШ с увеличенным в 2 раза ресурсом.

Обновляется парк породопогрузочных машин.

В настоящее время необходимо обеспечить проходку 2 — 2,5 км стволов в год. Создается новый стволопроходческий комплекс типа МПГС. В 1993 г. в России проходило 11 стволов.

Актуальной стала задача резкого сокращения в условиях рыночной конкурентной экономики сроков создания нового оборудования.

В целом ряде случаев зарубежные фирмы готовы продать шахтам готовые образцы высококачественного производственного оборудования, которое в нашей стране находится в стадии разработки.

1.2. ТЕХНИКА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Когда мы говорим о проектировании в широком смысле этого слова, следует помнить, что в качестве объектов проектирования могут выступать объекты строительства, здания, фабрики, офисы, стадионы. С таким же успехом можно говорить о проектировании рабочих мест, интерьеров, парков, садов, дорог и т.п. В нашем случае, на первый план выдвигаются вопросы проектирования машин и оборудования, которые, в общем случае, относятся к понятию «техника».

Термин «техника» происходит от греческого слова «ТЭХНЭ», что означает, техническое искусство, мастерство, умение.

Исторически содержание слова «техника» менялось в соответствии с изменением способов производства. В период своего возникновения в рабовладельческом обществе это слово означало индивидуальное мастерство, высокое овладение определенной специальностью. В этом смысле термин «техника» иногда применяют и сейчас. Например, о танцоре, который хорошо танцует, говорят: «У него прекрасная техника». В эпоху феодализма в средневековом ремесленном производстве термин «техника» приобретает иное содержание, выражая собой техноло-

гию, прием, метод, рецепт. Иногда он применяется в этом смысле и сейчас. Например, говорят: «техника фрески», «техника офорта», «кузнечная техника» и др.

Наконец, в современных условиях слово «техника» заключает в себе совершенно иной смысл — это средство труда в системе общественного производства. Под средствами труда понимают не только орудия труда, при помощи которых человек воздействует на объекты труда, но и все материальные условия, необходимые для процесса производства: освещение, отопление, вентиляция и т. д.

Приступая к изучению основных положений проектирования и конструирования технических объектов, следует знать основные особенности и закономерности развития техники.

Машины, вызванные к жизни промышленным переворотом конца XVIII — первой половины XIX вв., не всегда находили соответствующее понимание в общественном сознании. В XIX в. даже появилось движение «машиноборничества».

На рис. 1.1 приведена старая гравюра, изображающая уничтожение лодочниками первого в мире парохода, созданного в самом начале XVIII столетия Французским физиком и изобретателем Дени Папеном.

Изобретатель вынужден был покинуть Германию. Однако, предложенные изобретателем атмосферная паровая машина и клапан послужили мощным толчком к работам в направлении создания современных паровых машин.

Первая особенность техники, которая в основном определяет ее развитие, — это обусловленность техники экономическими законами развития данного общественного строя (способ производства).

Многочисленные примеры из истории развития техники повторяют эту особенность. Так, изобретенный И.И. Ползуновым паровой двигатель, не нашел применения потому, что феодально-крепостнические отношения России сковывали развитие техники.

Идея парохода Дени Папена почти столетие спустя была заново освоена американцем Р. Фултоном. В то же время в Англии,



Рис. 1.1. Уничтожение везерскими лодочниками первого в мире парохода

где уже сформировались и развились буржуазные отношения, паровая машина Д. Уатта явилась элементом промышленного переворота. То же самое можно сказать и о суппорте, изобретенном А.К. Нартовым в 1718 г., который в условиях петровской России не мог получить должной оценки и применения, так как еще не созрели общественные потребности в развитии машиностроения. Затем суппорт изобретался во Франции и Германии, однако, развитие рабочей машины началось только с изобретения суппорта Генри Модсли в 1794 г.

Наиболее убедительным примером, иллюстрирующим обусловленность развития техники социально-экономическими предпосылками, является история инженерно-конструкторской деятельности Леонардо да Винчи. Он изобрел громадное количество самых различных механизмов, начиная от станков и заканчивая вертолетом и парашютом. Однако, большинство из его изобретений не было осуществлено, так как в XV и в начале XVI

века Италия переживала феодализм, ее общественно-экономические отношения не доросли до гениальных изобретений Леонардо да Винчи.

Вторая особенность техники заключается в том, что, рождаясь в определенной общественной формации, будучи обусловлена ее экономическими законами, она остается при смене одного общественного строя другим, сохраняется и начинает служить в новых условиях, причем развитие ее ускоряется, поскольку новые производственные отношения оказываются более благоприятными. В этом проявляется общечеловеческий характер техники.

Общечеловеческий характер техники проявляется также и в том, что ее развитие и прогресс есть результат многонационального творчества. Например, в усовершенствование авиационного аппарата тяжелее воздуха, впервые изобретенного русским инженером А.Ф. Можайским, большой вклад внесли и английский конструктор Г. Филипс, и немецкий изобретатель О. Лилиенталь, и американцы — братья У. и О. Райт, и француз Блэрио и др.

Третья особенность техники заключается в том, что она всегда развивается в полном соответствии с законами природы. Попыткой игнорировать это положение является «Perpetum Mobile» — вечный двигатель, который был обречен на неудачу.

Четвертая особенность техники — это скачкообразный характер ее развития. Одной из закономерностей технического развития является коренная ломка основ производства на определенных этапах истории человеческого общества. Это означает, что развитие техники осуществляется путем революционных преобразований (открытие огня, пара, электричества, автоматике, кибернетики, атомной энергии и т.п.). Очень важно предвидеть этот скачок. Например, исследуя рост коэффициента полезного действия машины, можно увидеть, что в начале усовершенствования машины КПД ее быстро растет, затем его рост замедляется и прекращается. Это обстоятельство может явиться признаком близкого скачка.

1.3. ЧТО ТАКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ?

Согласно определению политехнического словаря: «Проектирование» — разработка комплексной технической документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и др. материалы, необходимые для строительства, реконструкции населенных мест, предприятий, зданий, сооружений, производства оборудования, изделий и т.п.

В книге Дж.К. Джонса «Методы проектирования» попытка выявить сущность проектирования прослеживается на анализе известных формулировок процесса проектирования.

Вот некоторые из них:

- целенаправленная деятельность по решению задач;
- принятие решений в условиях неопределенности с тяжелыми последствиями в случае ошибки;
- моделирование предполагаемых действий до их осуществления, повторяемое до тех пор, пока не появится полная уверенность в конечном результате;
- оптимальное удовлетворение суммы истинных потребностей при определенном комплексе условий;
- творческая деятельность, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало.

Большая Советская Энциклопедия (БСЭ) дает определение проектирования, как процесса создания проекта-прототипа, прообраза предполагаемого или возможного объекта, состояния (от латинского «projectus», буквально — брошенный вперед).

Предметная область проектирования постоянно расширяется и касается не только создания технических объектов, но может быть отнесена и к проектированию трудовых процессов, организаций, экологической обстановки, социальных условий, генетики, инженерной психологии и др. Результаты проектирования (последствия проектирования) сказываются не только на разрабатываемом объекте, но и имеют влияние на всю систе-

му, имеющую отношение к данному процессу. Составляющими данной системы выступают заказчики, поставщики, изготовитель, служба сбыта, покупатели, потребители, операторы, общество.

Справедливо утверждение, что цель проектирования — положить начало изменениям в окружающей человека искусственной среде. При современном подходе проектирование оказывается направленным не столько на сам разрабатываемый объект, сколько на те изменения, которые должны претерпеть производство, сбыт, потребитель, общество.

Понятия проектирование и конструирование — не синонимы. Конструкция основывается на проекте. Проектирование предшествует конструированию.

Свойства технического средства и его конструктивный вид выступают как реализация проекта, определенного замысла. Под-

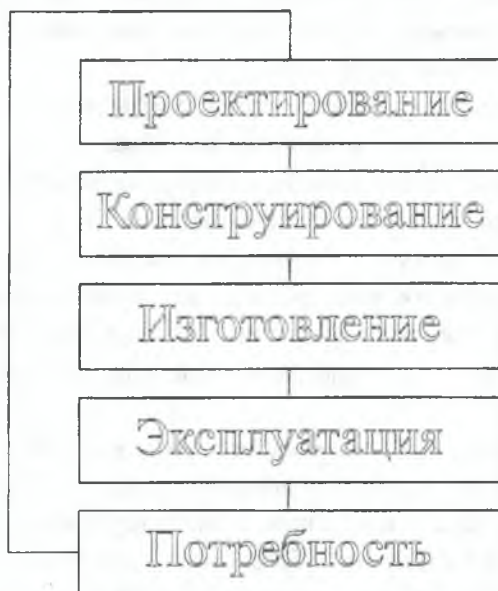


Рис. 1.2. Соотношение операционных элементов в процессе удовлетворения потребностей

ведем итог соотношения понятий проектирования и конструирования. Первое из них закреплено в Государственном Стандарте и определяется, как процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта.

Второе стандартом не закреплено и поэтому используется по-разному. Наибольшее распространение получила точка зрения, что конструирование — составная часть проектирования и связана с теми его этапами, где принятое техническое решение получает конкретное конструктивное воплощение.

Процесс проектирования должен рассматриваться как определенная последовательность, иллюстрируемая на рис. 1.2, которая начинается с выявления и завершается удовлетворением потребностей.

1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ТРЕХСТУПЕНЧАТЫЙ ПРОЦЕСС

В самом общем случае процесс проектирования включает в себя три основные стадии: анализ, синтез и оценку. Эти стадии определяются как «расчленение задачи на части», «соединение частей по-новому» и «изучение последствий от практического внедрения нового устройства».

В самом процессе эти стадии повторяются многократно с различной степенью детализации. Ступени эти получили названия дивергенции, трансформации, конвергенции.

Дивергенция обозначает расширение границ проектной ситуации для обеспечения достаточного пространства в поиске плодотворного решения. Она характеризуется тем, что границы задачи неустойчивы и неопределенны, оценка отложена на будущее, техническое задание заказчика рассматривается как отправная точка, допускается его корректировка. Задача проектировщика — в сознательном увеличении своей неуверенности, в освобождении от заранее заданных решений. Одна из целей этой стадии — изучение реакции заказчиков, потребителей,

рынка, производства и т.п. на смещение целей и границ задачи в различных направлениях и объемах.

Трансформация — стадия создания принципов и концепций. Характеризуется принятием концептуальной схемы, обеспечивающей сведение результатов анализа (дивергенции) к единому проекту, расчленение задачи на подзадачи и определением последовательности их решения; фиксированием технического задания и границ задачи.

Конвергенция — исключение альтернатив, уменьшение неопределенности, обеспечение выхода на единый проект.

1.5. ОТ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ К СОВРЕМЕННЫМ

Первыми инициаторами изменений в искусственной среде были не создатели технической документации (чертежей), а создатели вещей — ремесленники. Поэтому сравнение методов проводится не на уровне создания чертежей, а с более ранними методами кустарного промысла.

Просмотрим кратко основные проектные черты кустарных промыслов, которые подробно рассмотрены на примере Дж.К. Джонсом.

1. Ремесленник не вычерчивает эскиз своего изделия, часто не может удовлетворительно объяснить, почему он принимает то или иное решение.

2. Изменение формы кустарного изделия происходит в результате бесчисленных поисков методом проб и ошибок.

3. Эволюция кустарных промыслов может привести к дисгармонии в решениях. В этом сказывается несовершенство процесса, при котором изменению каждый раз подвергается лишь что-то одно, а в целом проект опирается на ранее найденные решения даже в тех случаях, когда требуется полная реорганизация всей формы в целом.

4. Хранителем всей информации, собранной в ходе эволюции промысла, является, в первую очередь, сама форма изделия,

которая остается постоянной и изменяется только для исправления ошибок и при возникновении новых потребностей.

5. Форма изделия в целом, ее логические обоснования фиксируются в символической форме, их невозможно исследовать и изменить без экспериментирования с самим изделием.

Существующий общепринятый чертежный способ проектирования, пришедший на смену методике кустарного проектирования, отличается тем, что поиск методом проб и ошибок отделен «от производства». Основные эксперименты и изменения проводятся на масштабном чертеже, а не на самом изделии.

Способ характеризуется следующими особенностями:

1. Задание размеров изделия и, как следствие, разделение труда по изготовлению отдельных частей между производствами.

2. В масштабном чертеже сводятся воедино отдельные его части, которые прежде хранились в виде заученных наизусть размеров, шаблонов, эмпирических правил. Появилась возможность создания больших изделий.

3. Появление масштабного чертежа позволило увеличить темп изготовления за счет разбиения на мелкие детали, производство которых идет одновременно.

4. Имеется возможность долго хранить, обобщать, анализировать информацию, накопленную в виде чертежей.

5. Безошибочное копирование и тиражирование проектов возможно с минимальными затратами времени и средств.

Начиная с 60-х годов, в связи с быстрым совершенствованием и развитием ЭВМ начинается эпоха автоматизированного проектирования, которая в сочетании с гибкими производствами позволила резко сократить срок разработки и запуска производства новой техники.

Такие качества ЭВМ, как быстродействие, возможность переработки, хранения и отображения больших объемов информации, доступность, наличие развитого программного обеспечения лежали в основе появления новой организационно-техни-

ческой системы, носящей название «Система автоматизированного программного проектирования» (САПР).

С появлением и развитием САПР связываются такие вопросы, как сокращение сроков проектирования, повышение качества проектов за счет сведения до минимума субъективного влияния проектировщика, возможного анализа многих вариантов, использования методов моделирования, сокращения доли рутинного малопроизводительного труда и др.

САПР или его отдельные элементы стали реальностью в повседневной работе проектных организаций.

НОРМИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава

2

2.1

СТРАТЕГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектирование комплексный многоступенчатый процесс. Правильная его организация, позволяет добиться результатов в кратчайшие сроки с минимальными затратами. Полный контроль невозможен без понимания стратегии проектирования, которая понимается как последовательность действий, выбираемая проектировщиком в целях преобразования исходного технического задания в готовый продукт.

Известен ряд стратегий, используемых в проектировании: линейная, циклическая, разветвленная, адаптивная, приращенная.

Линейная стратегия (рис. 2.1) представляет цепочку последовательных действий, в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующего действия.

На практике часто после получения результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов. Стратегия становится *циклической* (рис. 2.2).

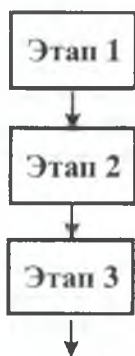


Рис. 2.1. Линейная стратегия



Рис. 2.2. Циклическая стратегия

Если некоторые проектные задачи не зависят друг от друга и их можно поручить различным группам проектировщиков, имеет место *разветвленная стратегия* (рис. 2.3).

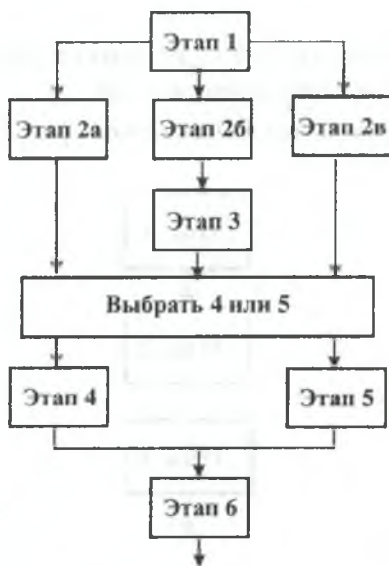


Рис. 2.3. Разветвленная стратегия

Адаптивная стратегия (рис. 2.4) отличается тем, что в ней с самого начала определяется только первое действие. В дальнейшем выбор каждого действия зависит от результатов предшествующего действия. Это - разумная стратегия, поскольку схема поиска всегда определяется на основе наиболее полной информации. Ее недостаток состоит в невозможности предвидеть и контролировать затраты и сроки выполнения проекта.



Рис. 2.4. Адаптивная стратегия

Существуют другие виды стратегий, такие, как стратегия приращений, случайный поиск. Подробно о них изложено в книге «Методы проектирования» Дж.К. Джонса.

2.2. МЕТОДЫ АКТИВИЗАЦИИ ТВОРЧЕСТВА В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Изучение творческого процесса проектирования как определенной области интеллектуальной деятельности показывает, что единого подхода к его пониманию нет.

С одной стороны, предполагается, что проектировщик выступает как некий «черный ящик», на вход которого поступает входная информация, которая каким-то способом перерабатывается и на выходе получается более или менее удовлетворительное решение. Относительно самого «способа» переработки ин-

формации с целью получения проектного решения однозначно-го мнения нет.

Высказывается предположение, что в мозгу формируются определенные цепи мыслеобразов, которые выполняют преобразование входных сигналов. Структура этих цепей изменяется до тех пор, пока не будет получено удовлетворительное решение. Существенное воздействие на процесс переработки информации оказывают накопленные в прошлом неразрешенные противоречия, возникшие при проектировании.

Из этого следует, что эффективность плодотворного проектирования зависит от накопленного опыта.

Неочевидность существа творческого процесса определяет отношение к мыслительной деятельности проектировщика как к некоторому «черному ящику», который подобно кибернетической машине порождает решения. Иначе говоря, процесс проектирования рассматривается как некоторое озарение. Часто проектировщик не в состоянии объяснить, каким образом ему удалось найти то или иное решение.

С другой стороны, высказывается мнение, что проектировщик может рассматриваться как некий «прозрачный ящик». В этом случае считается, что процесс проектирования может быть объяснен до конца. При таком подходе проектировщик пользуется только той информацией, которая в него введена и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и повторение циклов до тех пор, пока не найдет наилучшее решение. Такое предположение справедливо в случае, если проектное задание связано с оптимизацией переменных в хорошо известной ситуации проектирования, когда заданы цели, переменные и критерии, поиску решения предшествует анализ, оценка построена на логике, а не на эксперименте. Обычно используются последовательные приемы при решении.

В настоящее время известно более 30 методов, направленных на стимулирование проектной деятельности на различных ее этапах. Методы имеют целевую направленность. В зависимости от направленности можно выделить группу методов, организующих и упорядочивающих проектную деятельность и группу эвристических методов.

Методы первой группы ориентированы на оптимизацию определенных этапов проектирования с целью уменьшения затрат времени на получение приемлемого решения.

Метод «упорядоченный поиск» направлен на получение решения проектной задачи с логической достоверностью. Анализируя задачу, проектировщик выявляет ее компоненты, определяет зависимости между ними, прогнозирует вероятные и граничные значения переменных параметров, включая факторы окружающей среды. После этого расчетом проверяются варианты числовых значений различных факторов решения.

Цель метода «Стоимостный анализ» — снижение себестоимости изделия в проектных и производственных условиях. Для этого назначается группа консультантов, которые составляют подробную калькуляцию всех расходов на производство, доставку, монтаж и эксплуатацию. После этого выполняется поиск более дешевых альтернатив без ущерба стандартным техническим характеристикам объекта, а также требованиям надежности, ремонтпригодности, качества и эргономичности.

Повышение внутренней гармонии и совместимости с окружающей средой сложных многокомпонентных систем достигается на основе метода, получившего название «системотехника». Здесь рассматриваются функциональные связи объектов системы между собой и системы с окружающей средой. Для каждой связи разрабатываются технические устройства или сами связи реорганизуются для достижения лучшего результата. Далее, вновь сформированная система проверяется на внутреннюю и внешнюю совместимость. Если желаемый результат не достигнут, то цикл операций повторяется.

Метод перераспределения затрат между этапами проектирования опирается на «кумулятивную стратегию Пейдж». В работе инженера важно заранее исключить варианты решений проектной задачи могущие оказаться непригодными. Для этого предлагается увеличение затрат на анализ и снижение на синтез.

При необходимости расширения области проектных решений, ликвидации тупиковых ситуаций применяются «морфологические карты». Карта представляет собой таблицу, в которой

каждый столбец соответствует одной функции или функциональному параметру изделия. Для каждого из них собран максимально полный перечень частных решений. Выбирая по одному частному решению и комбинируя их между собой, проектировщик получает большое количество частных решений проектной задачи, из которых можно выбрать наиболее подходящий.

Эвристические методы, названные так от греческого слова *heurisko* — отыскиваю, открываю, направлены на активизацию творческого процесса стимулированием мыслительной деятельности в направлении решения проектной задачи.

Здесь относится метод «переключения стратегий», цель которого — добиться, чтобы спонтанное мышление влияло на организационное мышление и наоборот. Приступая к работе в соответствии с выбранной стратегией, каждый проектировщик должен записывать и после анализировать мысли и образы, спонтанно приходящие в голову. При накоплении достаточного количества результатов проверяется направление плановой стратегии и спонтанных мыслей. Если направления противоречат друг другу, то коллектив проектировщиков должен выбрать, в каком направлении следует продолжать работы. После принятия решения продолжать записывать и анализировать мысли и образы, спонтанно приходящие в голову.

«Фундаментальный метод проектирования Мэтчета (FDM)» — обеспечивает контроль собственного образа мыслей и более точное соотношение его с проектной ситуацией. Проектировщику предлагается использовать следующие режимы мышления:

- стратегическими схемами;
- в параллельных плоскостях;
- с нескольких точек зрения;
- образами;
- в основных элементах.

Широко известен метод «мозговой атаки», стимулирующий группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей. Метод основывается на психологическом эффекте интеллектуальной цепной реакции, когда предыдущее предложение

решения задачи стимулирует высказывание новых вариантов, возникающих «подобно электрической искре при контакте с мыслями других людей». Исследования показывают, что 5 — 8 человек в индивидуальном порядке могут предложить в среднем от 3 до 5 идей каждый. В то же время за 15 — 30 мин. мозгового штурма группа в 5 — 8 человек может высказать от 50 до 150 идей в зависимости от того, насколько хорошо подобрана группа.

«Синектика» — направляет спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.

Изменить направление поиска решения проектной задачи, если прежние методы себя исчерпали, поможет метод «Ликвидации тупиковых ситуаций». Для этого рекомендуется, взяв за основу неудовлетворительные проектные решения, разбить их на части и постараться найти варианты новых взаимосвязей между ними, вслед за чем, переоценить проектную ситуацию.

Однако следует признать, что большинство методов не получило распространения в проектной практике машиностроительных производств. Это, в значительной мере, определяется консерватизмом в подходе к процессу проектирования. Прогресс в проектировании существенно отстал от развития машиностроения. Реализация существующих методов проектирования сдерживается недостаточностью их методического обеспечения и соответствующей информации.

2.3. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ И ПОСТАНОВКИ НА ПРОИЗВОДСТВО ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

В угольном машиностроении принят стандарт, устанавливающий порядок планирования, финансирования, разработки, согласования и утверждения технических заданий и конструкторской документации, изготовления, испытаний и приемки опытного образца (партии), освоения серийного производства и контрольных испытаний новых и модернизированных изделий.

Исходным документом на создание новых и модернизированных с изменением показателей назначения изделий является техническое задание (ТЗ), которое разрабатывается совместно с научно-исследовательским институтом (НИИ) и проектно-конструкторским институтом с привлечением завода-изготовителя.

НИИ обеспечивает научное обоснование основных показателей назначения изделия, проектно-конструкторский институт разрабатывает его схемное решение и принципиальную конструктивную завязку.

В тех случаях, когда модификация изделия направлена на улучшение показателей надежности, эргономических показателей и др. (при сохранении показателей назначения), ТЗ разрабатывается проектно-конструкторским институтом совместно с заводом-изготовителем.

ТЗ разрабатывается на основе научно-исследовательских и экспериментальных работ, прогнозирования, стандартов, расчетной документации, опыта эксплуатации.

ТЗ устанавливает основное назначение, условия и область применения изделия, сроки выполнения работ, исполнителей, объемы изготовления, технико-экономические требования, требования безопасности и гигиены труда.

Этапами создания опытного образца являются: разработка конструкторской документации, изготовление, предварительные испытания и доводка, приемные испытания. В свою очередь, конструкторская документация включает в себя следующее: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочую документацию.

Техническое предложение содержит техническое и экономическое обоснование целесообразности проектирования изделия в соответствии с ТЗ, возможные варианты реализации, сравнение разрабатываемой с аналогичными конструкциями, проверку патентоспособности и т. п.

Эскизный проект содержит принципиальные конструктивные решения, дающие общие представления об устройстве и прин-

ципе работы изделия (чертеж общего вида, схемы), данные, определяющие его назначение, основные параметры и расчет экономического эффекта.

Технический проект содержит окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве изделия и необходимые исходные данные для подготовки рабочей документации.

Рабочая документация разрабатывается проектно-конструкторским институтом совместно с заводом-изготовителем на основе ТЗ и технического проекта.

В комплект рабочей документации входят: чертежи деталей, сборочных единиц, монтажные и габаритные, электрические, гидравлические и другие схемы, спецификация, расчеты прочностные, размерных цепей, экономического эффекта, эксплуатационные документы, программы и методики предварительных и приемочных испытаний и др.

Переход от технического проекта к разработке рабочей документации представляет собой постепенное уточнение проекта. На основании рабочей документации производится изготовление деталей и монтаж изделий.

Изготовленный на основании рабочей документации опытный образец или опытная партия должны пройти предварительные испытания для определения их соответствия ТЗ и конструкторской документации для выявления и устранения конструктивных недостатков и дефектов изготовления. По окончании доводочных работ, опытный образец изделия проходит приемочные испытания для определения соответствия его ТЗ, требованиям стандартов и конструкторской документации, требованиям безопасности и санитарно-гигиенических норм, возможности постановки изделия на серийное производство.

В целях уменьшения затрат времени, некоторые этапы процесса проектирования могут выполняться параллельно. Так, по мере готовности чертежей деталей и сборочных единиц, они сразу передаются на завод-изготовитель и разработка рабочей документации происходит практически одновременно с изго-

товлением изделия. Недостаток подобной схемы в том, что если в расчетах обнаружатся ошибки, то завод понесет убытки от изготовления бракованной продукции, поэтому к параллельному совмещению этапов проектирования надо подходить с крайней осторожностью.

МЕТОДЫ
ОБРАЗОВАНИЯ
ПРОИЗВОДНЫХ
МАШИН НА БАЗЕ
УНИФИКАЦИИ

Глава

3

На этой основе имеется целый ряд эффективных и экономичных способов создания из исходной модели ряда производных машин одинакового назначения, но с различными показателями мощности, производительности и т.д. или машин различного назначения, выполняющих качественно другие операции. На рис. 3.1 дана иллюстрация методов, которые могут использоваться отдельно или в сочетании друг с другом. Подробно эти методы рассмотрены в книге П.И. Орлова «Основы конструирования». Машиностроение, 1968 г. Ознакомимся с ними.



Рис. 3.1. Методы образования производных машин на базе унификации

3.1. СЕКЦИОНИРОВАНИЕ

Метод заключается в разделении машины на одинаковые секции и образовании производных машин набором унифицированных секций.

Этот метод очевиден и легко прослеживается на многочисленных примерах. Например, ленточные и скребковые конвейеры, когда их длина может быть увеличена за счет последовательного наращивания секций става или рештаков. Приводные секции остаются без изменения. Увеличивается длина транспортирующих элементов. Этот метод широко используется в насо-

сах при последовательном наращивании колесных секций в цепных экскаваторах непрерывного действия, фильтрах, фрикционных муфтах. Аналогично поступают при наращивании длины очистного комплекса за счет добавления секций крепи и конвейера.

Стыковочные узлы (элементы) и замки унифицированы и не требуется их конструктивной доработки.

3.2. МЕТОД ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

С целью получения различной производительности машин и агрегатов изменяют их длину, сохраняя форму поперечного сечения.

Простое увеличение длины при отсутствии резерва мощности может не дать роста производительности. Однако, способ может принести другой положительный технико-экономический эффект, за счет снижения объемов и, соответственно, затрат при проведении подготовительных работ. Данный метод широко используется при применении очистных комплексов значительной длины до 150 — 200 м.

Простое механическое увеличение длины оборудования может не дать роста производительности и снижения затрат, так как с ростом длины снижается надежность машин, возрастают гидравлические потери в магистральных, тяговые органы (цепи) работают с повышенной нагрузкой, усложняется управление.

Решение о переходе на оборудование большой длины должно приниматься после комплексной оценки. Частным случаем применения данного метода является увеличение нагрузаемости зубчатых передач, редукторов и коробок скоростей путем увеличения длины зубьев колес с сохранением их модуля.

Методы секционирования и изменения линейных размеров хорошо иллюстрируются на рис. 3.2 и 3.3, где рассматриваются конструктивные варианты зубчатых и цевочных реек систем подачи очистных комбайнов. На рис. 3.2 показан став забойного скребкового конвейера с цевочными рейками системы подачи «Эйкотрек».

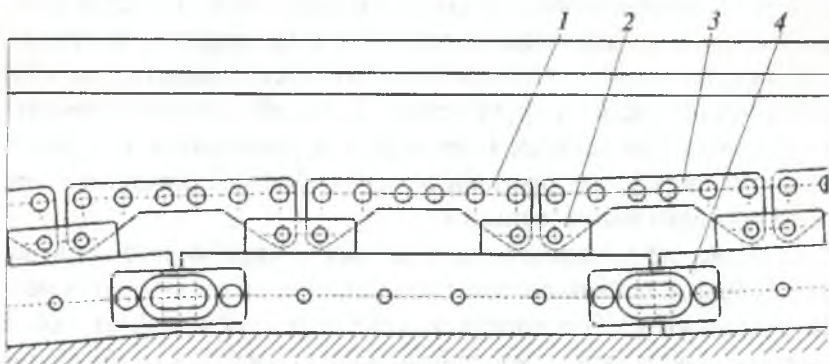


Рис. 3.2. Цевочные рейки системы «Эйкотрек»

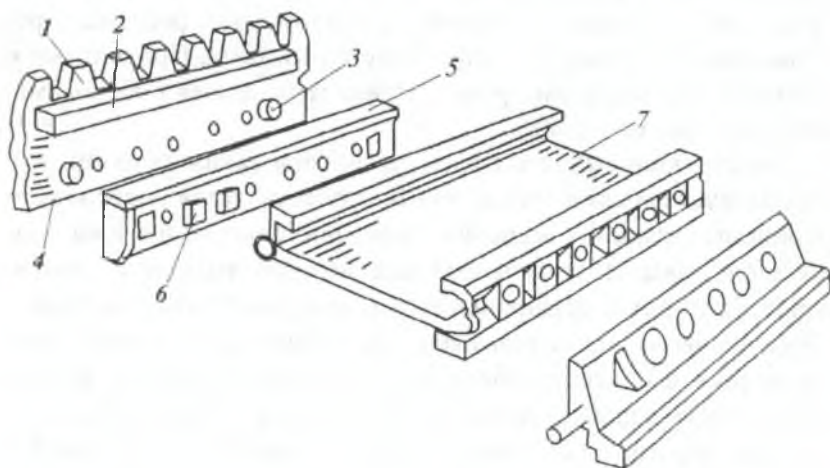


Рис. 3.3. Секция забойного скребкового конвейера с зубчатой рейкой

Особенность конструкции системы «Эйкотрек» заключается в применении секций цевочных реек, имеющих длину в два раза меньшую длины рештаков конвейера — 0,75 м. В этом случае углы α изгиба рештаков конвейера при сложной гипсометрии пласта только наполовину сказываются на углах изгиба цевочных реек, обеспечивая минимальные погрешности шага зацепления на стыках секций и не вызывая заклинивания при движении комбайна. В средней части рештаков размещены и зафик-

сированы неподвижные секции 1 цевочных реек, а в сочленениях рештаков установлены подвижные в продольном направлении секции реек 3. Подвижность их обеспечивается за счет овальных отверстий в кронштейнах 2, что обеспечивает компенсацию шага при изгибах конвейера в вертикальной и горизонтальной плоскостях: рештаки между собой соединяются с помощью специальных звеньев 4.

На рис. 3.3 показана секция забойного скребкового конвейера с зубчатой рейкой системы подачи «Ролл рэк». Зубчатая рейка с навесным оборудованием конвейера представляет собой силовую конструкцию, воспринимающую нагрузки от комбайна в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В данной конструкции рейка 1, выполненная из толстолистовой стали, состоит из отдельных секций, длина которых равна длине рештака. Крепление рейки 1 к раме 5 осуществляется болтами. Продольные и вертикальные смещения рейки ограничены двумя бобышками, запрессованными в рейку.

Конструкция зубчатых реек выполнена таким образом, что кинематическая связь между ними осуществляется посредством шарнирных планок, обеспечивающих постоянство шага на стыках вдоль лавы. Вертикальное смещение зубчатых реек относительно друг друга ограничивается шарнирными соединениями, образованными цилиндрическими выступами на торцевой части одних реек с соответствующими выемками на торцах других. Такая конструкция соединений зубчатых реек обеспечивает отсутствие порогов от смещения реек вне зависимости от изгибов конвейера, как в вертикальной 1, так и в горизонтальной плоскости. Такое сочленение зубчатых реек вызвано не только необходимостью получения стабильности зацепления цевочного колеса с рейкой, но и выполнения зубчатыми рейками функции направляющей комбайна. С этой целью, к боковым поверхностям зубчатых реек со стороны рамы приварены прямоугольные прутья 2, обхватываемые обратными захватами опорных лыж комбайна, скользящих по верхней полке рамы 5. Таким образом, борт конвейера, закрытый верхней полкой сварной рамы, при движении комбайна не изнашивается.

Смещение комбайна в горизонтальной плоскости ограничено боковыми поверхностями зубьев рейки и соответствующей конструкцией лыж. Наряду с брусом прямоугольного сечения применена типовая конструкция конвейера с зубчатой рейкой и навесным оборудованием, где установлена круглая направляющая. Сварная рама 5 прикреплена к борту конвейера с завальной стороны шестью болтами. Продольное смещение рамы относительно решетки 7 ограничивается двумя квадратными бобышками 6, приваренными к раме.

3.3. МЕТОД БАЗОВОГО АГРЕГАТА

Метод основан на применении базового агрегата, превращаемого в машины различного назначения путем присоединения к нему специального оборудования.

Метод получил широкое распространение в горных, дорожных и строительных машинах, погрузчиках, укладчиках и т.п.

В качестве базового агрегата чаще всего используется самоходное шасси (колесное, гусеничное), выпускаемое серийно. Монтируя на шасси дополнительное оборудование, получают серию машин различного назначения.

Для присоединения специального оборудования требуются дополнительные механизмы (коробки отбора мощности, лебедки, тормоза, манипуляторы, захваты, податчики и др.). Эти агрегаты, в свою очередь, также подлежат унификации.

На рис. 3.4 и 3.5 показаны примеры реализации метода базового агрегата. Так, на рис. 3.4 показано навесное и прицепное оборудование, агрегатируемое на базе унифицированного семейства тракторов.

Рис. 3.5 иллюстрирует схемы монтажа различного рабочего навесного оборудования на стрелу базового агрегата, в качестве которого выбран трактор «Беларусь».

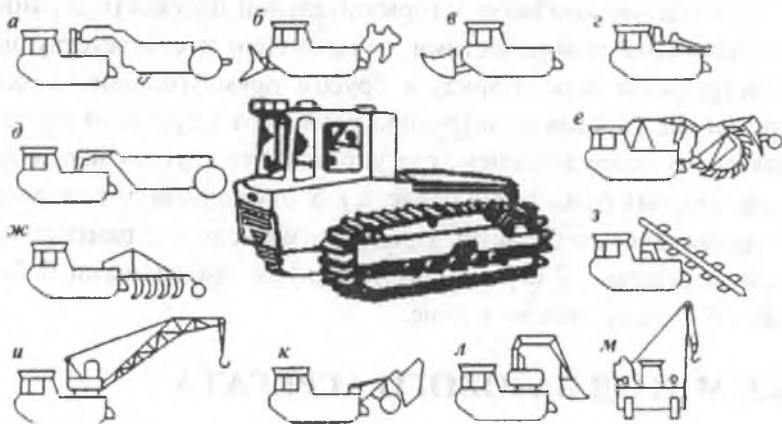


Рис. 3.4. Навесное и прицепное оборудование, агрегируемое на базе унифицированного семейства тракторов Т-220, Т-330, Т-500, Т-800:

а — скрепер; *б* — бульдозер-рыхлитель; *в* — ковшовый погрузчик; *г* — трелевщик; *д* — угловоз; *е, з* — роторный и цепной траншеекопатели; *ж* — плуг; *и* — кран; *к* — плужный канавокопатель; *л* — лопата; *м* — турнодозер

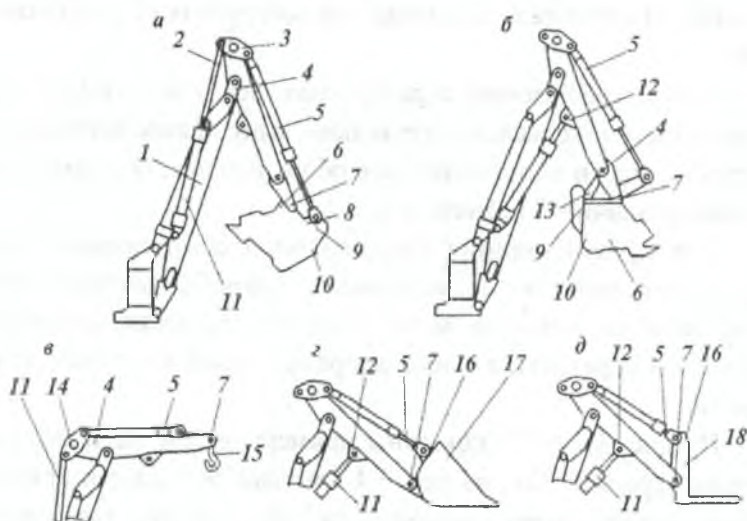


Рис. 3.5. Схема монтажа рабочего оборудования:

а — обратной лопаты; *б* — прямой лопаты; *в* — шоковой подвески; *г* — погрузочного ковша; *д* — вил; *1* — стрела; *2* — винт; *3, 9* — пальцы; *4* — рукоять; *5* — гидроцилиндр ковша; *6* — ковш; *7* — ось; *8* — планка; *10* — днище ковша; *11* — гидроцилиндр рукояти; *12, 14* — кронштейны; *13* — тяга; *15* — крюковая подвеска; *16* — верхние проушины ковша (вил); *17* — погрузочный ковш; *18* — вилы

3.4. МЕТОД КОНВЕРТИРОВАНИЯ

При этом методе базовую машину или основные ее элементы используют для создания агрегатов различного назначения близких или различных по рабочему процессу, а также области применения.

Так, например, элементы гусеничной ходовой части боевой машины пехоты использованы в ходовой части шахтной буровой установки (траки, звездочки, бортовые фрикционы и др.).

Примером может служить также перевод поршневых двигателей внутреннего сгорания с одного вида топлива на другой или переход с цикла искрового зажигания на цикл воспламенения от сжатия.

П.И. Орлов в книге «Основы конструирования» дает пример конвертирования агрегатов, сильно различающихся по рабочему процессу. В данном случае, речь идет о преобразовании двигателя внутреннего сгорания в поршневой компрессор. В этом случае конвертирование включает замену головок двигателя клапанными коробками с соответствующим изменением механизма распределения.

3.5. МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СОВМЕЩЕНИЯ (КОМПАУНДИРОВАНИЕ)

Сущность метода заключается в параллельном соединении машин или агрегатов с целью увеличения общей мощности или производительности.

Можно выделить три типа совмещения.

Первый тип совмещения предполагает повышение мощности установки за счет установления нескольких приводов, что повышает эффективность работы рабочего органа. Этот тип совмещения хорошо иллюстрируется на примере использования многодвигательного привода в очистных комбайнах ИШ68, К103 и др. При этом используются различные схемы двигателей, многодвигательных приводов:

- схема работы на суммирующий вал, когда роторы двигателей механически связаны между собой;

- схема работы двигателей на индивидуальный вал, когда роторы двигателей на связаны между собой и каждый двигатель приводит в движение свой орган.

В комбайне 1ГШ68 предусмотрена возможность работы двигателей как на суммирующий, так и на индивидуальный вал.

На рис. 3.6 в качестве примера приведена кинематическая схема очистного комбайна К103 для выемки угля из тонких пластов. В приводе исполнительного органа комбайна установлено два двигателя ЭКВ3.5-55-2 мощностью 55 кВт каждый, которые через систему зубчатых передач 1 — 11 передают мощность на шнеки, осуществляющие отбойку и погрузку угля.

Использование двухдвигательного привода позволило минимизировать высоту комбайна при достаточной мощности привода.

На рис. 3.7 дан пример обеспечения требуемой мощности забойного скребкового конвейера за счет подбора необходимого числа модулей приводов. На схеме показан двухцепной передвижной изгибающийся скребковый конвейер с тремя приводными блоками 1. Основные узлы конвейера: решетчатый став 2, головная 3 и концевая 4 рамы приводных головок, специальные распорные устройства 5 и 6, которыми привод конвейера закрепляется между почвой и кровлей.

Второй тип совмещения основан на параллельной установке машин (орудий) группами (по 2 — 3), когда производительность одной машины, входящей в технологическую цепочку (поток), уступает производительности всей линии.

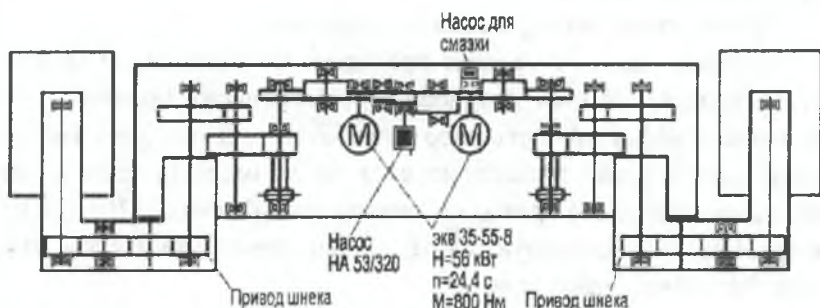


Рис. 3.6. Кинематическая схема комбайна К103

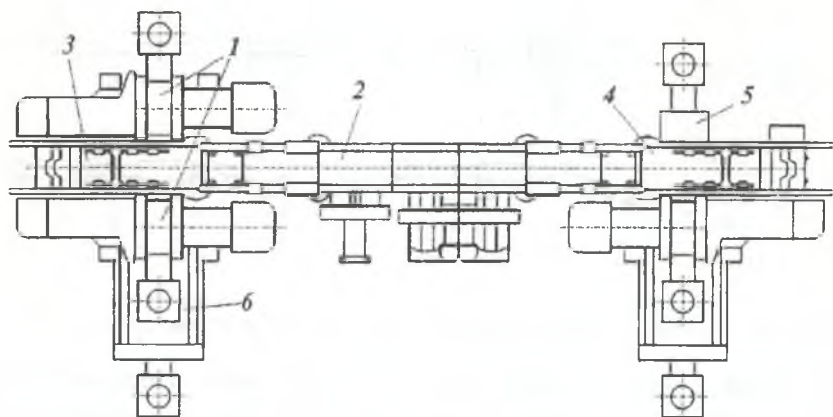


Рис. 3.7. Конвейер скребковый СП48М

На рис. 3.8 показана технологическая схема двухкомбайновой выемки. В данном случае на скребковом конвейере смонтировано два узкозахватных комбайна ИГШ68Б с бесцепной системой подачи. Из исходного положения (рис. 3.8, а) комбайны одновременно двигаются в одну сторону (рис. 3.8, б). Первый комбайн по ходу движения осуществляет выемку угля на всю мощность пласта и, одновременно с этим, на участке его работы производится последовательная задвижка секций крепи. Второй комбайн осуществляет зачистку почвы пласта. По окончании комбайнами операций на своих участках производится передвижка конвейера в зоне работы второго комбайна, и комбайны начинают двигаться в обратном направлении (рис. 3.8, в).

Одновременно с выемкой угля на участке первого по ходу комбайна производится задвижка секций крепи. После прохода комбайнов передвигается другое крыло конвейера (рис.3.8, г), и цикл повторяется.

Сравнение работы комплекса с двумя комбайнами с однокомбайновой при длине лавы 100 м, мощности пласта 1.4 м и сопротивляемости угля резанию 300 кН/м показало, что включение на параллельную работу даёт прирост производительности до 35 — 40 %.

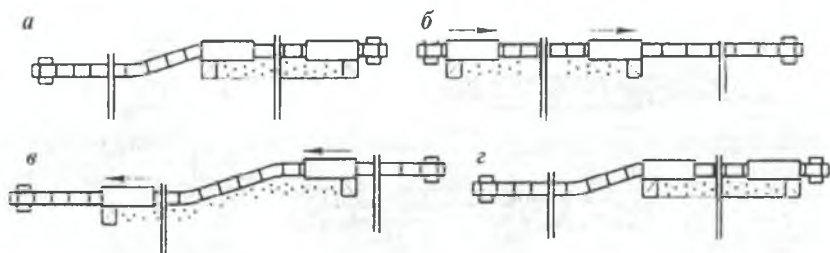


Рис. 3.8. Технологическая схема двухкомбайновой односторонней выемки

На рис. 3.9 показан пример *третьего вида совмещения*. Он заключается в сдваивании или страивании машин (рабочих органов) на одной станине. В этом случае получается машина с повышенной в 2 — 3 раза производительностью и расширенными техническими возможностями.

Бурильная установка рис. 3.9 предназначена для обуривания забоев площадью сечения 6,7 — 14 м². Она может быть использована, как для проходческих, так и для очистных работ, входит в комплекс с погрузочно-транспортной машиной. На установке применены два колонковых перфоратора и цепные податчики, смонтированные на единой колесной ходовой части. Управление всеми механизмами производится с центрального пульта.

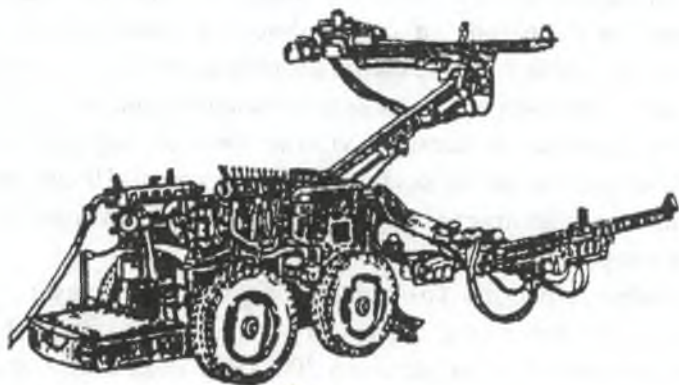


Рис. 3.9. Бурильная установка 2УБН-2П (УБШ-208)

3.6. МЕТОД МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Этот метод предполагает переделку машины с целью приспособления ее к иным условиям работы, операциям и видам продукции без изменения основной конструкции. Иногда в понятие модификации вкладывается смысл модернизации машин и улучшения их показателей.

На практике чаще всего модификация выполняется по одному из следующих направлений:

- приспособление машины (оборудования) для работы в различных условиях, включая климатические;
- перевод стационарных машин для работы на подвижных транспортных средствах (например, в морском транспорте);
- для работы в соприкосновении с активными химическими средами или в условиях, опасных по газу, пыли;
- сложная модификация, связанная с приспособлением машины к различным технологическим операциям или изделиям;
- перевод машины на другой вид энергии, например, с электрической на пневматическую.

Примером модификации является использование в приводе различных видов энергии. Так, для работы на пластах с углами падения более 30° , используется очистной комбайн «Темп-1». Комбайн выпускается двух типоразмеров по мощности пласта и может поставляться как с электродвигателем ЭДК 3.5-ГУ5 мощностью 70 кВт, так и с пневмомотором К45-16 мощностью 45 кВт. Переход на пневмоэнергию обычно обусловлен правилами безопасности и в тех случаях, если добычный участок может быть подключен к пневмосети.

3.7. АГРЕГАТИРОВАНИЕ

Агрегатирование, в широком смысле, заключается в создании машин путем сочетания унифицированных агрегатов, представляющих собой автономные узлы, устанавливаемые в различном числе и комбинациях на общей станине.

Широкое распространение этот принцип получил в конструкции агрегатных металлообрабатывающих станков. Такие стан-

ки создают на основе унифицированных блоков (обрабатывающие блоки, корпуса — сочетатели, механизмы синхронизации, поворотные столы, корпуса общего назначения, станины, тумбы, вспомогательные узлы, системы подачи смазочно-охлаждающих жидкостей, электрооборудование, гидроприводы).

Изделие в процессе обработки по большей части остается неподвижным. К нему с разных сторон подводят соответствующим образом настроенные блоки; операции обработки происходят одновременно, что ускоряет технологический процесс.

Преимущества агрегатирования: сокращение сроков и стоимости проектирования и изготовления машин, упрощение обслуживания и ремонта, возможность быстрой переналадки.

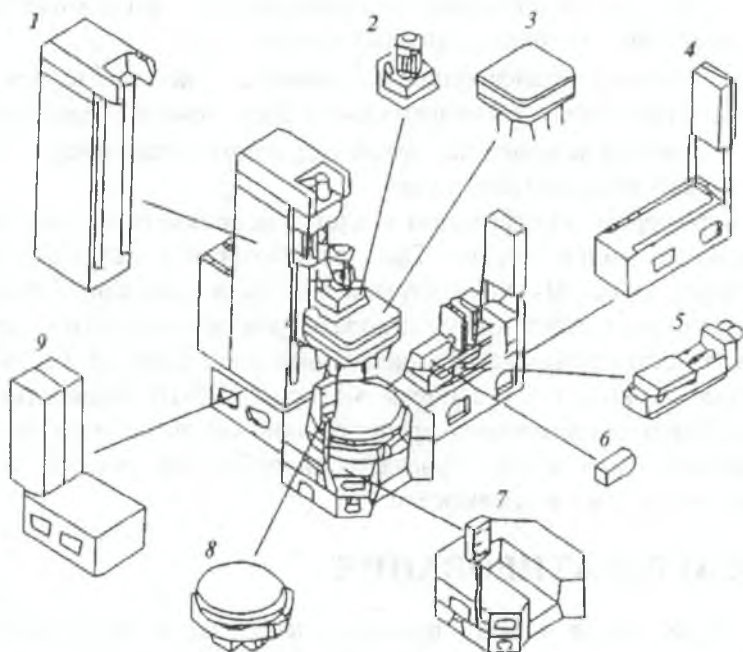


Рис. 3.10. Составные элементы агрегатного станка:

1 — стойка; 2 — силовая бабка; 3 — многошпиндельная коробка; 4 — станина боковая; 5 — стол силовой; 6 — одношпиндельная расточная бабка; 7 — станина центральная; 8 — поворотный делительный стол; 9 — станина-подставка

Частичным агрегатированием является использование стандартизированных узлов и агрегатов из числа серийно выпускаемых промышленностью (редукторов, насосов, компрессоров и др.), а также, заимствование серийно изготавливаемых изделий и агрегатов (коробок скоростей, дифференциалов, механизмов переключения, муфт, фрикционов).

На рис. 3.10, 3.11 показаны составные элементы и типовые компоновки агрегатных станков. Рисунки хорошо иллюстрируют возможности агрегатирования, когда из унифицированных агрегатов получены станки с поворотными делительными столами, барабанами, а также с прямолинейным перемещением деталей.

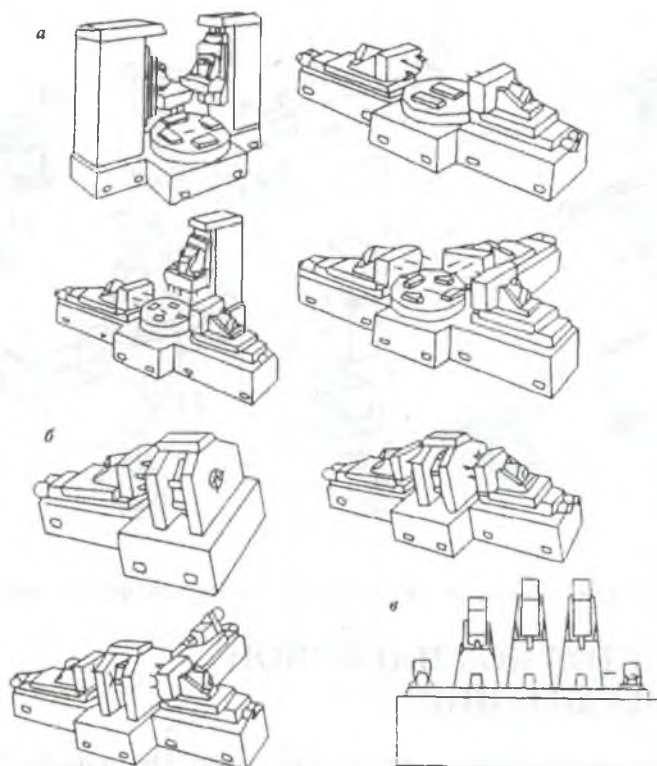


Рис. 3.11. Типовые компоновки агрегатных станков:

а — с поворотным делительным столом; *б* — с поворотным делительным барабаном; *в* — с прямолинейным перемещением деталей

Агрегатирование на основе использования унифицированных блоков использовано при создании унифицированного очистного оборудования и, в частности, комбайнов унифицированного ряда типа РКУ.

На рис.3.12 показаны примеры агрегатирования модулей функциональных узлов при создании промышленных роботов (ПР). Представлены ПР, работающие в прямоугольной (6,7,8), цилиндрической (9,10,13), сферической (11), угловой (15) и комбинированной (12,14) системах координат. Модульные роботы образованы следующими типами модулей: перемещения - 1, выдвижения - 2, подъема - 3, качания - 4, поворота - 5.

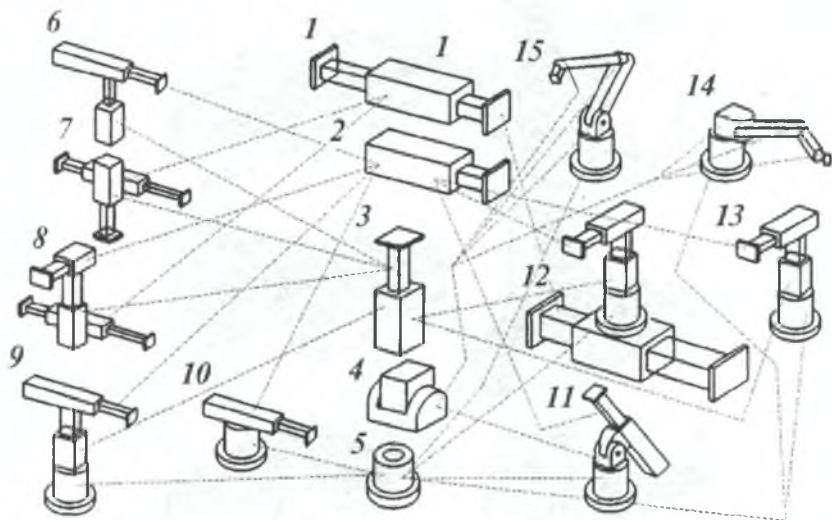


Рис. 3.12. Схемы модульных ПР, основанные на модулях фрикционных узлов

3.8. МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ НОРМАЛИЗАЦИИ

Этот метод близок к агрегатированию. Он применяется для агрегатов простейшего типа (емкости, смесеприготовительные и выпарные установки в химической и пищевой промышленности) рис. 3.13

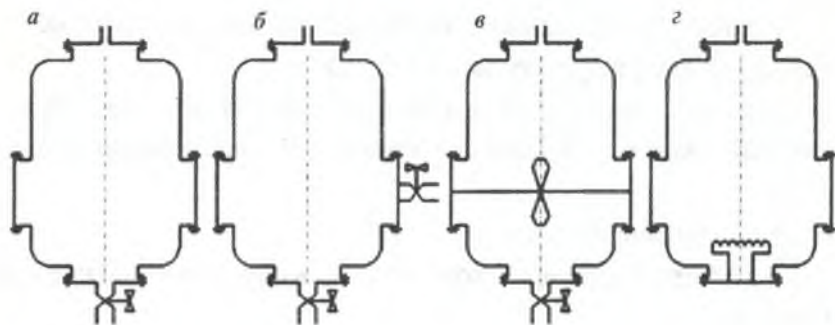


Рис. 3.13. Изделия полученные методом комплексной нормализации:
а — емкость, *б* — сепаратор, *в* — смесеприготовитель, *г* — выпариватель

Простота форм этих агрегатов позволяет нормировать все или почти все элементы их конструкций. Нормализации по типоразмерам подлежат обечайки резервуаров, днища, крышки, лапы, люки, клапаны, задвижки, стойки и т. п.

Нормализации могут быть подвергнуты целые узлы. Из нормализованных деталей, унифицированных узлов и покупного оборудования можно компоновать:

- аппараты с одинаковым рабочим процессом, но с различными размерами и производительностью;
- аппараты одинакового назначения, но с различными параметрами рабочего процесса (давлением, температурой и т. п.);
- аппараты разного назначения и с разным рабочим процессом.

3.9. УНИФИЦИРОВАННЫЕ РЯДЫ

Метод основан на образовании ряда производных машин различной мощности или производительности путем изменения числа главных рабочих органов и применения их в различных сочетаниях.

Данный метод обеспечивает ряд эксплуатационных и технологических преимуществ:

- упрощение, ускорение и удешевление процессов проектирования и изготовления машин;

- возможность применения высокопроизводительных методов обработки унифицированных деталей;
- уменьшение сроков доводки и освоения опытных образцов (благодаря отработанности основных унифицированных блоков);
- упрощение сборки;
- упрощение технического обслуживания и повышение его качества.

В качестве характерного примера можно сослаться на создание унифицированного ряда комбайнов РКУ. Этот ряд включает в себя пять основных типоразмеров: РКУ10, 13, 16, 20, 25. Каждый типоразмер, в свою очередь, может иметь ряд исполнений, отличающихся компоновкой исполнительного органа (одно- или двухшнековая), диаметром шнека, напряжением питающей сети, конструкцией опор и др. Комбайны производят выемку угля как по челноковой, так и по односторонней схемам работы.

Базовой моделью ряда является комбайн РКУ10, базовыми узлами — гидроставка, энергоблок, механизм подачи, трансмиссии, основных и поворотных редукторов, а также элементы гидросистемы, системы пылеподавления и управления комбайнами.

Комбайны РКУ10 и РКУ13 имеют электродвигатели с водяным охлаждением мощностью 200 кВт, предусмотрена компоновка РКУ13 с двумя двигателями по 200 кВт на каждый шнек. Комбайны РКУ16 и РКУ20 комплектуются жидкостнозаполненными электродвигателями мощностью 315 кВт.

На рис. 3.14 показан унифицированный комбайн РКУ13. Базовыми узлами являются: гидроставка 3, энергоблок, механизм подачи 5, трансмиссии основного 2 и поворотного 6 редукторов, элементы гидросистемы, системы пылеподавления и системы управления комбайном.

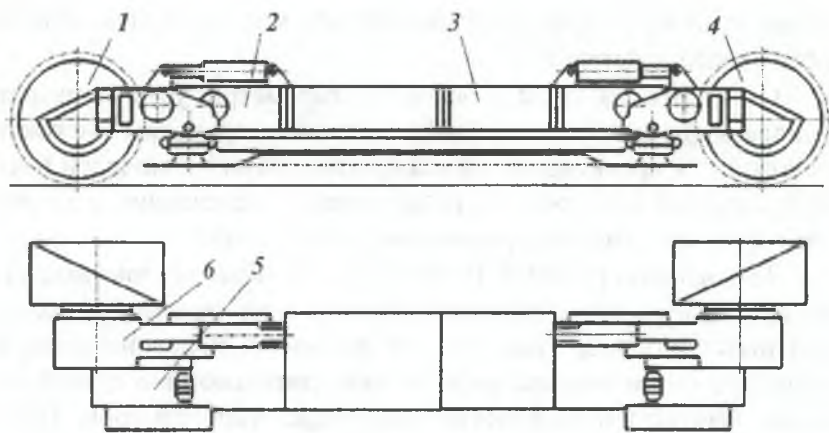


Рис. 3.14. Комбайн РКУ13

3.10. СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТИПОВ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Стандартизация имеет большое значение для прогресса машиностроения.

Государственным стандартом предусматривается несколько видов стандартов.

Стандартом на параметры устанавливают параметрические ряды, характеризующие машины по основным эксплуатационным показателям, на базе которых должны создаваться конкретные ряды типов машин, подлежащие изготовлению на предприятиях соответствующих отраслей народного хозяйства. Например, ГОСТ 16565 — 71 на общие технические требования на асинхронные трехфазные короткозамкнутые взрыво-безопасные двигатели для привода очистных комбайнов, устанавливает ряд мощностей, на которые изготавливаются двигатели: 22, 30, 40, 55, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315 кВт.

Другой пример. Государственный стандарт устанавливает ряд грузоподъемности от 0,05 до 500 т, включительно, для раз-

личных типов подъемно-транспортных машин и механизмов прерывного действия.

Стандарты на типы и основные параметры устанавливают типоразмеры машин, а также их основные параметры и служат основой для проектирования конкретных базовых моделей и их модификаций (конкретных исполнений), подлежащих изготовлению по заказам заинтересованных организаций.

Так, например, ГОСТ 11986 — 73 «Комбайны очистные узкозахватные» предусматривает изготовление очистных узкозахватных комбайнов типа ПУ для пологих и пологонаклонных пластов с углом падения до 35° с принудительной выгрузкой угля из рабочего пространства следующих типоразмеров: ПУ5, ПУ6, ПУ8, ПУ10, ПУ13, ПУ16, ПУ20, ПУ25 и ПУ35.

Цифры после букв указывают нижний предел регулировки высоты исполнительного органа в дециметрах. Высота исполнительного органа взята в качестве основного параметра.

Стандарты на типы и основные параметры оказывают решающее влияние на народное хозяйство, т. к. они:

- предотвращают возможность производства неоправданно большой номенклатуры машин и оборудования;
- устанавливают прогрессивные типы машин и оборудования с технико-экономическими показателями на уровне современных достижений науки и техники;
- повышают производительность труда;
- устанавливают прогрессивные ряды типов и параметров машин, не только освоенных в массовом или серийном производстве, но и подлежащих освоению;
- создают возможность осуществления проектирования новых машин одновременно по всему параметрическому ряду, что создает благоприятные условия для широкой унификации узлов и деталей, облегчает развитие предметной и поддетальной специализации;
- упрощает эксплуатацию и ремонт машин.

Разработка параметрических стандартов — трудоемкая и сложная работа, связанная с технико-экономическими расчетами и исследованиями. При этом изучается существующая но-

менклатура типов и типоразмеров машин и оборудования, в том числе изготавливаемых промышленностью, определяется по потребности в соответствующих типах и размерах машин и оборудования в масштабе страны, проводятся научно-исследовательские и экспериментальные работы по установлению оптимальных значений главных параметров.

При разработке параметрических стандартов с учетом требований и рекомендаций изготовителей машин необходимо, прежде всего, установить:

- номенклатуру параметров машин, подлежащих включению в проект стандарта;
- диапазон значений крайних членов параметрического ряда для каждого стандартизируемого параметра;
- закономерность построения рядов главного и соподчиненного параметров.

При установлении номенклатуры параметров следует исходить из того, что основная характеристика машин должна определяться, по возможности, одним главным параметром, устанавливающим ее эксплуатационные и технологические возможности.

Правильный выбор главного параметра изделия (одного или нескольких) предопределяет наибольшую производительность, скорость, взаимозаменяемость, прочность, создает возможность широкого агрегатирования и унификации деталей и узлов.

В то же время, общая номенклатура параметров должна быть минимальной, чтобы без необходимости не ограничивалась творческая инициатива конструктора.

Наибольшее значение при проектировании параметрических рядов имеет правильный выбор типа машин, числа членов ряда и интервалов между ними. При решении этих вопросов необходимо учитывать степень применяемости различных членов ряда, вероятные в эксплуатации режимы работы, степень гибкости и приспособляемости машин данного класса (возможность варьирования эксплуатационных показателей), возможность их модификации, способность образовывать дополнительные производные машины.

Вспомним пример с типоразмерным рядом ПУ комбайнов, где в качестве основного параметра принята минимальная высота исполнительного органа. Члены ряда ПУ5, ПУ6, ПУ8, ПУ10 и т.д., с учетом требований регулировки высоты исполнительного органа по высоте с коэффициентом раздвижности не менее 1,3, позволяют перекрыть весь диапазон мощностей вынимаемых пластов от 0,6 до 5,0 и более метров.

На рис. 3.15 показаны основные конструктивные параметры очистного узкозахватного комбайна. На рисунке $H_{и.о.мин}$ и $H_{и.о.маx}$ высота исполнительного органа минимальная и максимальная, соответственно.

В диапазоне наиболее часто применяемых параметров целесообразно увеличивать число членов ряда, а в диапазоне редко применяемых - расширять интервалы между членами ряда.

В качестве примера, рассмотрим случай трехфазных электродвигателей переменного тока. Пусть график применяемости этих двигателей имеет вид, показанный на рис. 3.16.

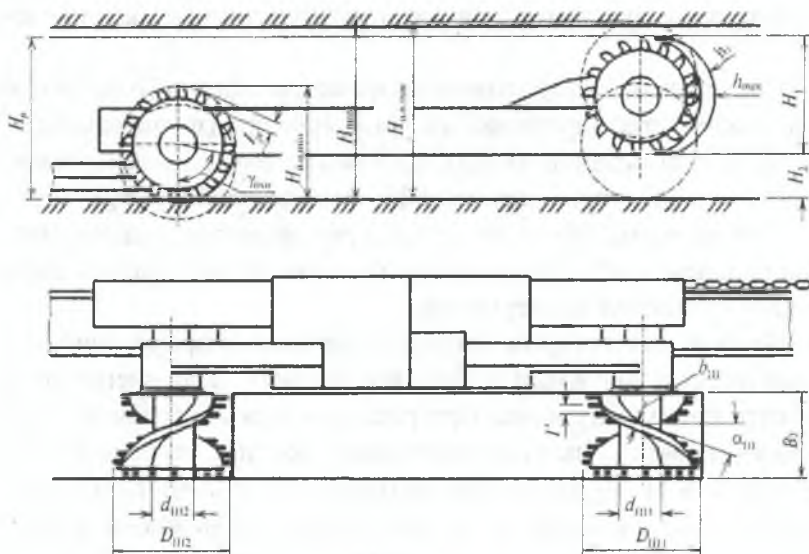


Рис. 3.15. Основные конструктивные параметры очистного узкозахватного комбайна

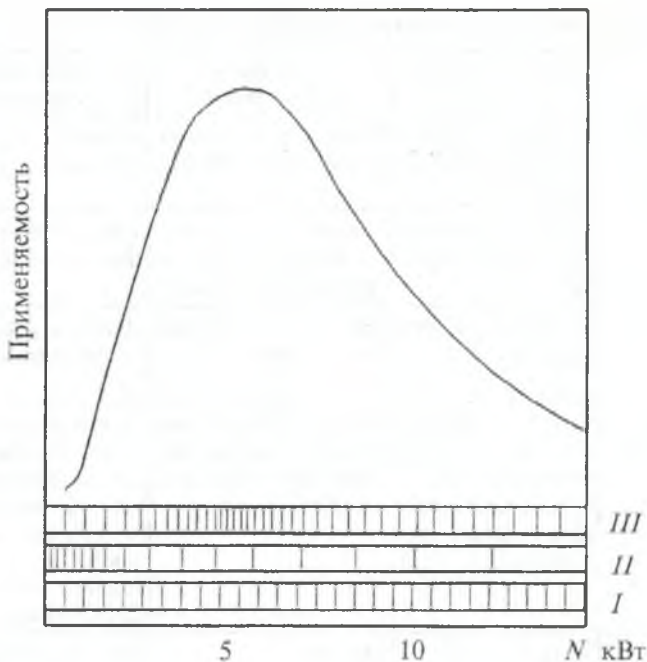


Рис. 3.16. График применимости:

I — арифметический ряд; *II* — геометрический ряд; *III* — ряд, согласованный с кривой применимости

На шкалах в нижней части графика схематически показаны границы мощности, получаемые при создании параметрического ряда по арифметической (*I*) и геометрической (*II*) прогрессиям. Очевидно, что ни тот, ни другой ряд не соответствует данной кривой применимости. Частота членов арифметического ряда одинакова, как в области большой, так и малой применимости, что явно не рационально. Частота членов геометрического ряда неоправданно велика в области малых мощностей и недостаточна в области наибольшей применимости.

Рациональный ряд (*III*) разрежен в области наименьшей и сгущен в области наибольшей применимости. Это позволяет полнее удовлетворять потребности широкого круга потребителей. Дробность мощности двигателей в этой области обеспечивает повышение степени их использования и увеличение КПД.

Примеры типовой номенклатуры параметров машин

	Группа параметров	Типы машин (оборудования)	Примерная номенклатура параметров
Параметры, характеризующие производительность	Скорость перемещения рабочих органов	Универсальные одноковшовые экскаваторы	Скорость подъема наибольшего груза
	Скорость движения всей машины (агрегата)	Тракторы, строительно-дорожные машины, транспортные средства	Рабочие и транспортные скорости
Размерные параметры	Размеры рабочих органов	Грейдеры, бульдозеры, камнедробилки	Длина и высота отвала, длина и диаметр ротора
	Размеры, определяющие возможность использования машин в определенных производственных условиях	Автомобили грузовые, прицепы, экскаваторы, колесные тракторы, грейдеры	Присоединительные элементы буксирных устройств, присоединительные элементы сменного рабочего оборудования Ширина колеи Длина стрелы
Силовые параметры	Усилие, развиваемое рабочими органами	Тракторы	Тяговое усилие на крюке трактора
	Удельное давление движителей	Тракторы	Удельное давление колес или гусениц на почву

Анализ стандартов на типы и основные параметры машин различного функционального назначения (станки, автомобили, тракторы, строительные, дорожные, горные машины и оборудование) показал, что количество параметров, которыми должны характеризоваться машины, можно свести к сравнительно небольшой номенклатуре. К этим параметрам можно отнести параметры, характеризующие производительность, размеры, силовые параметры, весовые и т.п.

Мы рассмотрели ряд вопросов, связанных со стандартизацией и унификацией оборудования.

Следует знать, что унификация в машиностроении может осуществляться в пределах деталей, узлов и машин как относя-

щихся к одному семейству, так и к различным. Унификация может производиться в рамках завода (заводская), нескольких заводов одной отрасли (межзаводская), всех заводов отрасли (отраслевая) и, наконец, заводов различных отраслей (межотраслевая).

Для определения экономического эффекта от унификации необходимо суммировать экономические эффекты от внедрения унификации на стадиях проектирования, производства и эксплуатации.

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_{\text{проект}} + \mathcal{E}_{\text{произв}} + \mathcal{E}_{\text{экспл}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{проект}} + \mathcal{E}_{\text{произв}} + \mathcal{E}_{\text{экспл}}$ — экономическая эффективность на стадиях проектирования, производства и эксплуатации, соответственно.

3.11. УРОВНИ УНИФИКАЦИИ

В различных отраслях промышленности для определения эффективности унификации пользуются показателями, характеризующими степень унификации выпускаемых и готовящихся к производству изделий.

1. Коэффициент унификации по количеству деталей

$$K_{\text{уд}} = \frac{\sum_{\text{уд}}}{\sum_{\text{д}}},$$

где $\sum_{\text{уд}}$ — количество унифицированных деталей в изделии; $\sum_{\text{д}}$ — общее количество деталей в изделии.

2. Коэффициент унификации по весу деталей

$$K_{\text{ув}} = \frac{\sum_{\text{ув}}}{\sum_{\text{в}}},$$

где $\sum_{\text{ув}}$ — вес унифицированных деталей; $\sum_{\text{в}}$ — сухой общий вес изделия.

3. Коэффициент унификации по трудоемкости

$$K_{\text{ут}} = \frac{\sum_{\text{ут}}}{\sum_{\text{т}}},$$

где $\sum_{\text{ут}}$ — трудоемкость изготовления унифицированных деталей; $\sum_{\text{т}}$ — общая трудоемкость изготовления изделия.

Под термином «унифицированные детали» в данном случае подразумеваются в сумме стандартизированные заимствованные и покупные детали.

Следовательно,

$$\Sigma_{уд} = \Sigma_{сд} + \Sigma_{зд} + \Sigma_{пд},$$

где $\Sigma_{сд}$, $\Sigma_{зд}$, $\Sigma_{пд}$ — количество стандартизованных, заимствованных и покупных деталей в изделии, соответственно.

С учетом последней формулы, коэффициент унификации по количеству деталей можно представить в виде

$$K_{уд} = \frac{\Sigma_{сд} + \Sigma_{зд} + \Sigma_{пд}}{\Sigma_{д}}.$$

Приведенные выше коэффициенты унификации все же дают одностороннюю характеристику степени унификации изделия, что является их существенным недостатком. Более полную характеристику степени унификации дает замена указанных выше показателей одним общим показателем, который отражает характерные стороны унификации любого рассматриваемого изделия.

Такой комплексный коэффициент степени унификации Y можно представить в виде

$$Y = \frac{\Sigma_{yb} C_{yb} + \Sigma_{yt} h}{\Sigma_y C_y + \Sigma_{\tau} h},$$

где C_{yb} — средняя стоимость единицы веса унифицированных деталей в изделии; C_b — средняя стоимость единицы общего веса изделия; h — средняя стоимость одного нормочаса.

Y — это отношение части производственных затрат на изготовление унифицированных деталей к производственным затратам на изготовление всего изделия.

КРАТКИЙ ОБЗОР
МЕТОДОВ
И СРЕДСТВ
КОНСТРУИРОВАНИЯ
ГОРНЫХ МАШИН

Глава

4

4.1

ОБЩИЕ ПРАВИЛА КОНСТРУИРОВАНИЯ

В машиностроении, в частности, горном, накоплен значительный опыт, позволяющий сформулировать ряд общих рекомендаций, использование которых позволяет более целесообразно выполнять поиск рациональных конструкций. Рассмотрим наиболее существенные из них.

1. Подчинять конструирование задаче увеличения экономического эффекта, определяемого полезной отдачей машины, ее долговечностью и стоимостью эксплуатационных расходов за весь период использования машины. Полезная отдача машины связана с ростом ее производительности.

2. Максимально увеличивать степень автоматизации машины с целью увеличения производительности, поддержания оптимальных режимов и, как следствие, повышение качества продукции и сокращение затрат ручного труда, повышение безопасности.

В горных машинах, когда мы имеем дело с техническими объектами, находящимися в чрезвычайно сложных условиях, часто определяемых стесненностью рабочего пространства, действием больших и внезапных нагрузок, автоматизация создает предпосылки для вывода человека из непосредственной зоны работы машин.

3. Всемерно увеличивать долговечность машин, как средство повышения фактической численности машинопарка, находящегося в работе, и увеличения их суммарной отдачи.

Данное требование имеет исключительное значение для горных машин. В настоящее время поставлена задача довести долговечность очистных комбайнов с 500 — 600 тыс. т до 5 млн т; крепей — с 4 — 5 лет до 10 лет; конвейеров — с 1 млн т до 3 — 5 млн т.

4. Предусмотреть возможность создания производных машин с максимальным использованием конструктивных элементов базовой машины.

Данное требование хорошо иллюстрируется на примере опыта Московского автомобильного завода (МoA3) по созданию унифицированного семейства колесных строительных машин на основе широкой межзаводской унификации с использованием ряда узлов и агрегатов, изготавливаемых в других отраслях машиностроения. К этим узлам и агрегатам относятся двигатель ЯМЗ-238 со сцеплением, водяной и масляный радиаторы, карданные валы, тормозные устройства, пневмооборудование, трубопроводы и арматура, насосы, электрооборудование, топливopроводы и арматура. Внутривзаводской унификацией охвачены ведущий мотор, редуктор отбора мощности, детали установки привода, коробки передач, рулевое управление, колеса, кабина и др.

5. Конструировать машины с расчетом на безремонтную эксплуатацию, при полном устранении капитальных ремонтов и с заменой восстановительных ремонтов комплектацией машин сменными частями.

Это требование становится очевидным, если учесть, что при подземной эксплуатации горных машин в стесненных условиях, при слабой освещенности, сильной абразивности и запыленности, наличии агрессивных вод, ремонт дорогостоящего оборудования исключается. Это, в первую очередь, относится к гидроприводу оборудования.

6. Выдерживать принцип агрегатности. Конструировать узлы машины в виде независимых агрегатов, устанавливаемых на машину в собранном виде. Исключать операции выверки, регулировки деталей и узлов по месту; предусматривать в конструкции фиксирующие элементы, обеспечивающие правильную установку деталей и узлов при сборке.

7. Обеспечивать высокую прочность деталей и машин, в целом, способами, не требующими увеличения веса, не требующими существенного увеличения веса (применение пустотелых и оболочковых конструкций, введение дополнительных связей, использование общей рамы под узлы сборки и др.).

Перечисленные рекомендации в части унификации, автоматизации, технического обслуживания, прочности, технологичности и др. хорошо иллюстрированы на примере очистных комбайнов серии Electra фирмы Anderson Longwall (Великобритания). Фирмой предложена серия комбайнов блочной конструкции. Основные блоки монтируются на единой раме, обеспечивающей восприятие основных нагрузок, удобство монтажа, четкую фиксацию блоков. Силовое влияние блоков исключено. Рама обеспечивает необходимую прочность и жесткость конструкции. На рис. 4.1 показана схема очистного комбайна блочной конструкции серии Electra.

Конструкция машины серии Electra блочного типа, каждый блок имеет собственный привод, помещаемый либо внутри, либо крепится снаружи к жесткой опорной раме, что приводит к упрощению узлов передаточных механизмов. Комбайны рассчи-

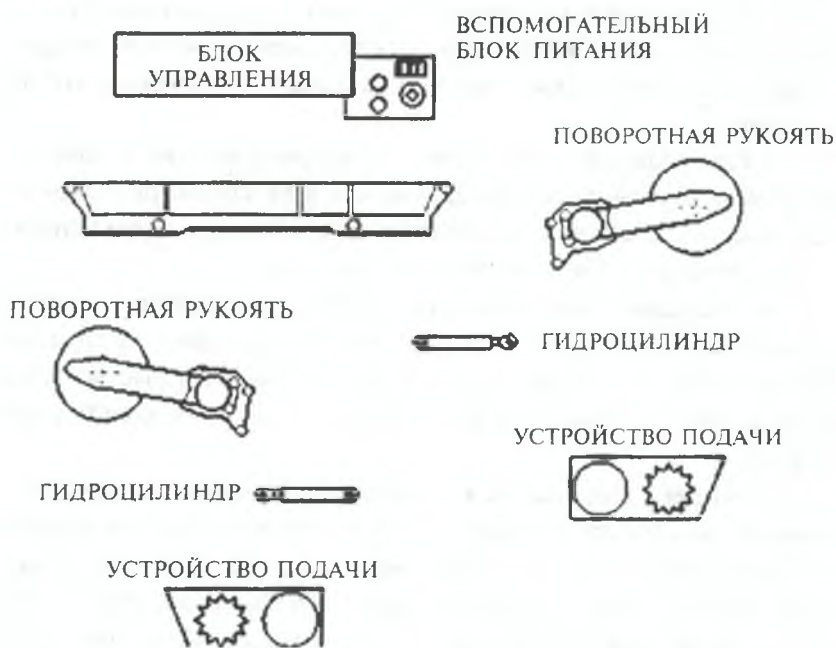


Рис. 4.1. Схема конструкции блочного типа очистных комбайнов серии Electra (Великобритания)

таны на выемку средних и мощных пластов. Исполнительные органы приводятся электродвигателями переменного тока, помещенными в поворотной рукояти. Блок центрального управления расположен в корпусе комбайна и управление всеми операциями машины можно производить при помощи устройства радиосвязи с безопасного расстояния или с помощью средств ручного управления при отмене автоматического режима.

Машины серии Electra, укомплектованные стандартными узлами, обеспечивают гамму односторонних и двусторонних комбайнов, отвечающих серии требований заказчика.

В комбайнах использована контрольно-диагностическая аппаратура с микропроцессорным управлением, позволяющая машинисту следить за ходом работы, получать своевременную полную информацию о состоянии оборудования, рабочих условиях и эксплуатационные показатели.

8. Делать машины неприхотливыми к уходу, сокращать объем операций обслуживания, устранять периодическую регулировку, выполнять механизмы в виде самообслуживающихся агрегатов.

9. Предупреждать возможность перенапряжения машины в эксплуатации; вводить автоматические редукторы, предохранительные и предельные устройства, исключающие возможность эксплуатации машины на опасных режимах.

10. Устранять периодическую смазку, обеспечивать непрерывную автоматическую подачу смазочного материала к трущимся поверхностям. С этой целью современные горные машины имеют принудительную подачу смазки в зону трущихся поверхностей.

11. Избегать открытых механизмов и передач, заключая механизмы в открытые корпуса, предупреждающие проникновение грязи, пыли и влаги и позволяющие осуществлять непрерывную смазку. В горных машинах часто используются круглозвенные сварные цепи в качестве тяговых органов. Цепи находятся под большой нагрузкой и являются источниками травматизма. Как правило, они заключаются в специальные кожухи.

12. Предупреждать коррозию деталей, в особенности у машин, работающих на открытом воздухе или соприкасающихся с химически активными средами, применением стойких лакокрасочных и гальванических покрытий и изготовлением деталей из коррозионностойких материалов.

Так, например, на плунжеры, штоки стоек, гидродомкратов и гидроцилиндров комбайнов, подверженных воздействию шахтной среды и рабочей жидкости, с целью повышения износостойкости и придания антифрикционных свойств, наносить покрытия: хромовое с периодически возобновляющейся смазкой толщиной 48 — 70 мкм или хромовое из электролита с добавкой кадмия с периодически возобновляющейся смазкой, толщина покрытия 36 — 48 мкм. Для корпусов гидроаппаратуры используют никелевое покрытие, нанесенное химическим способом. Для упругих элементов (пружины, шайбы и т.п.) используют кадмиевое с хромированием или фосфатированием покрытие.

13. Уменьшать стоимость изготовления машин путем придания конструкциям технологичности, унификации, нормализации, снижения металлоемкости, сокращения числа типоразмеров машин.

14. Уменьшать вес машин путем увеличения компактности конструкций, применения рациональных кинематических и силовых схем, устранения невыгодных видов нагружения, замены изгиба растяжением-сжатием, а также применения легких сплавов и неметаллических материалов.

15. Заменять во всех случаях, где это возможно, механизмы с прямолинейным поступательно-возвратным движением более выгодными механизмами с вращательным движением.

16. Обеспечивать максимальную технологичность деталей, узлов и машин, в целом, сокращать объемы механической обработки, заменять механическую обработку более производительными способами обработки без снятия стружки.

17. При разработке конструктивной схемы, пропорций, систем управления, исходить из максимального удовлетворения «человеческого фактора», достигать максимальной совместимости человека и машины, обеспечивая удобство и безопасность тру-

да. Внешняя форма машины должна учитывать требования технической эстетики.

18. Шире использовать опыт реализованных конструкций, опыт смежных, а в широких случаях, и отдаленных по профилю отраслей промышленности.

4.2. РЯДЫ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ В КОНСТРУИРОВАНИИ

Основой нормализации в машиностроении являются ряды чисел, подчиняющихся определенным закономерностям. Не зависимо от того, какие размеры конструкции были получены при расчете, в проекте они должны быть откорректированы в соответствии с членами одного из рядов предпочтительных чисел.

Наиболее простыми являются арифметические ряды, каждый член которых образуется прибавлением к предыдущему числу определенного числа (разность прогрессии).

Например, при разности прогрессии 10, ряд имеет вид: 10, 20, 30, 40, 50, 60 и т.д.

Арифметические ряды отличаются относительной неравномерностью. Их верхние области более насыщены градациями размеров, а нижние — меньше.

Рациональные ряды построены по принципу геометрической прогрессии, в которых каждый член ряда получается умножением предыдущего члена на постоянную величину ϕ (знаменатель прогрессии).

$$\phi = \sqrt[n]{\frac{m}{a}},$$

где a и m — соответственно, первый и последующий члены ряда. В гостированных рядах принято $m/a = 10$, тогда

$$\phi = \sqrt[n]{10}.$$

Система предпочтительных чисел включает пять основных рядов. Для них значения показателя корня n приняты равными

5, 10, 20, 40 и 80. Эти числа вместе с буквой *R* составляют обозначение и сообщают о количестве членов рационального ряда.

Для ряда *R5*

$$\varphi = \sqrt[5]{10} = 1,6;$$

для ряда *R10*

$$\varphi = \sqrt[10]{10} = 1,25;$$

для *R20* $\varphi = 1,12$; для *R40* $\varphi = 1,06$.

Величина любого члена ряда

$$a_k = a \cdot \varphi^k,$$

где k — порядковый номер числа; a — первый член ряда, которому присваивается нулевой номер.

С увеличением величины φ интервалы между членами ряда уменьшаются, число членов ряда возрастает, ряд получается более дробным.

Из основных рядов можно получить геометрические ряды для любого диапазона чисел, т.е. с любым значением начального и конечного членов. Производные ряды получают умножением первого члена нового ряда на числа любого из основных рядов $R5^{\wedge}$, $R10^{\wedge}$ и т.д., вплоть до получения значения $10a$, которое, в свою очередь, умножают на числа того же основного ряда и т. д.

В качестве примера рассмотрим производный ряд с диапазоном 1 — 1000 на основе ряда *R5*:

1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000.

На базе основных рядов разработаны ряды нормальных линейных размеров.

Ряды нормальных линейных размеров обозначают *Ra5*; *Ra10*; *Ra20*; *Ra40*.

Например, *Ra5*:

0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,16; 2,5; 4,6; 10; 16; 25; 40; 60.

Применение гостированных линейных размеров способствует нормализации режущего, контрольного и мерительного инструмента и облегчает настройку станков. Главный экономический выигрыш получается при сокращении числа членов рядов, т.е. при применении в каждом отдельном случае наиболее низкого ряда, обеспечивающего нужный в данном случае диапазон размеров.

На основании нормальных линейных размеров устанавливают ряды диаметров проволоки, прутков, толщины листового проката, линейных размеров сечений фасонного проката.

В заключение отметим, что ряды предпочтительных чисел целесообразно использовать в случаях, когда требуется создать ряд градаций какого-либо параметра с равномерной насыщенностью градаций во всех частях ряда (например, передаточных отношений в коробках передач и подач металлорежущих станков).

Однако равномерное распределение градаций не всегда является наиболее рациональным. Правильнее при нормировании технических параметров исходить из плотности распределения применяемости данного параметра.

Например, анализ применяемости зубчатых колес в общем машиностроении показал, что 90 % колес имеют модуль в пределах $m — 1 + 5$, максимум применяемости приходится на колеса $m — 2 + 3$. В данном случае целесообразно увеличить число градаций в области наибольшей применяемости.

4.3. МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ

Исходными материалами для проведения проектно-конструкторских работ могут быть:

- техническое задание, выдаваемое планирующей организацией или заказчиками и определяющее параметры машины, область и условия ее применения;
- техническое предложение, выдвигаемое в инициативном порядке проектной организацией или группой конструкторов;

- научно-исследовательская работа или созданный на ее основе экспериментальный образец;
- образец, подлежащий копированию или воспроизводству с переделками.

Приступая к разработке нового изделия, необходимо исходить из того, что неправильно выбранные (обоснованные) параметры, шаблонные решения, не обеспечивающие технического прогресса, приводят к тому, что изделие к началу серийного выпуска устаревает и становится ненужным.

В книге П.И. Орлова «Основы конструирования» методика конструирования рассматривается в совокупности с такими понятиями, как конструктивная преемственность, изучение сферы применения машин, выбор конструкции, разработка вариантов, метод инверсии, методика компонований, техника компонования.

Для проектировщика и конструктора существует основное правило, которое состоит в установлении целого и только после этого, частей или элементов целого.

Следование от целого к части имеет общее значение. Даже тогда, когда обосновано применение типовых конструкций (нормализованных или типизированных элементов), следует, прежде всего, определить целостность, а затем исследовать, какие элементы, выделяемые из целого, можно рационально сконструировать в соответствии с существующими нормами.

Говоря о конструктивной преемственности, обычно понимают использование предыдущего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей, введение в создаваемый образец всего полезного, что есть в существующих конструкциях машин.

Обычно, тот или иной тип машины существует несколько поколений, проходя этапы постоянного совершенствования. В конструкции реализован труд многих конструкторов. Удачные конструктивные решения могут многократно использоваться в новых вариантах.

Начиная конструировать, обычно выбирают прототип, выясняют тенденции развития.

Важным условием правильного подхода является наличие фонда справочного конструктивного материала. Помимо архивов собственной продукции, проектно-конструкторские организации должны иметь альбомы конструкций смежных организаций.

Конструктор должен быть в курсе всех поисковых и перспективных работ, проводимых научно-исследовательскими институтами в данной отрасли машиностроения. Наряду с этим, надо использовать опыт других, даже отдаленных по профилю отраслей машиностроения.

Важнейшим требованием является постоянная работа конструктора над собой, которая непрерывно обогащает его, пополняет копилку конструктивных решений.

Конструктор должен знать новые технологические процессы (физические, электрические и электрохимические способы обработки, электроискровую, электродуговую, лазерную, ультразвуковую, электрохимическую, обработку взрывом, электрогидравлическим ударом, электромагнитным импульсом и т.д.). Знание этих процессов снимает скованность в принятии ряда решений.

Непременным условием при создании новых конструкций машин является изучение сферы их применения. Конструктор точно должен представлять их перспективную потребность, динамику изменения параметров, область и условия эксплуатации. Наиболее существенным моментом в работе конструктора является выбор конструктивной схемы и параметров проектируемого оборудования. При этом в центре внимания должны быть факторы, определяющие экономическую эффективность: высокая полезная отдача, низкая энергоемкость на единицу продукции, удобство и низкая стоимость эксплуатации, высокая надежность и долговечность.

Схему машины обычно выбирают путем параллельной разработки нескольких вариантов, которые сравниваются, исходя из анализа удельной энергоемкости, затрат, надежности, габаритов,

металлоемкости, технологичности, степени агрегатности, удобства обслуживания, сборки, наладки, ремонта. Оценивается возможность дальнейшего развития, использования в качестве базовой машины. При выборе вариантов можно дать перечень рекомендаций, которые помогут в этом процессе.

А. Осборн в Массачусетском технологическом институте (США) и Г.С. Альтшуллер, создатель школы изобретателей в бывшем СССР, предлагают перечни наводящих операций, выборка из которых по книге Я. Дитриха «Проектирование и конструирование» представляет собой следующее:

1. Рассмотреть возможность использования принципа действия систем, встречающихся в природе.

2. Рассмотреть возможность использования известных изделий без изменения конструктивных характеристик.

3. Рассмотреть возможность получения желаемого действия путем приспособления конструкции к новым условиям.

4. Исследовать, не существует ли уже какой-либо замысел (концепция), который в условиях прошлого не удалось реализовать из-за непреодолимых для того времени преград.

5. Воспользоваться каким-либо действием или структурой, применяя метод подражания.

6. Модифицировать действие.

7. Изменить схему нагрузок в отношении величины или вида нагрузок.

8. Уменьшить или увеличить зоны взаимодействия.

9. Изменить характеристики действия.

10. Попытаться обеспечить обратные действия, придать движение неподвижным элементам и, наоборот.

11. Рассмотреть возможность действия при радикальных или умеренных изменениях положения.

12. Изменить компоновку элементов, меняя общую форму, например, путем перехода от развернутой формы к компактной.

13. Выполнить изменения в очередности, вытекающей из способа взаимодействия элементов комплекса.

14. Рассмотреть возможность группировки элементов в узлы по различным критериям.

15. Рассмотреть возможность исключения некоторых элементов путем объединения различных функций в одном элементе.

16. Рассмотреть возможность размещения одного элемента в другом с целью увеличения компактности комплекса.

17. Рассмотреть альтернативу — симметрия или асимметрия.

18. Рассмотреть возможность выгоды и изменения внешних условий.

19. Рассмотреть роль прочности элементов и возможную целесообразность ее изменения.

20. Рассмотреть целесообразность использования компенсирующих элементов с целью снижения требований к точности изготовления.

21. Увеличить несущую способность элемента благодаря сочленению его с другими.

22. Рассмотреть возможность варьирования размеров.

23. Рассмотреть возможность миниатюризации.

24. Изменить разделение на детали — увеличить или уменьшить их число.

25. Разлепить детали на части с целью улучшения возможностей изготовления и применения различных материалов.

26. В процессе разделения исключить те части, которые составляют причину трудностей.

27. Провести анализ разделения на детали и рассмотреть возможность замены одних деталей другими.

Следует отметить, что подобные рекомендации при всей их полезности не могут сами по себе привести к изобретениям, имеющим принципиальный характер. Для этого необходима эвристика.

Ранее мы говорили о существующих методах активизации творческой деятельности. Коротко опишем один из этих методов, основанный на коллективном спонтанном мышлении, исходя из философии коллективного мышления — «Что ни голова, то свой ум». Впервые описанный метод был разработан в США и получил название «brainstorming» (русский термин «мозговая атака»).

Рассмотрим основные моменты этого метода:

1. Отобрать группу лиц для генерации идей. Люди, никогда ранее не принимавшие участие в мозговой атаке, могут удачно выступить при первой же попытке и, хуже, при дальнейших подходах к той же проблеме. Мозговая атака требует от каждого ее участника солидного опыта в рассматриваемой области и умения использовать его в нужный момент.

Наблюдения показывают, что шесть человек могут за полчаса выдвинуть 150 идей. Бригада проектировщиков, работающая обычными методами, никогда не пришла бы к мысли о том, что рассматриваемая ею проблема имеет столько вариантов.

2. Ввести правило, запрещающее критиковать любую идею, какой бы «дикой» она не казалась, и довести до сознания участников, что приветствуются любые идеи, что необходимо получить много идей и что участники должны попытаться комбинировать или усовершенствовать идеи, предложенные другими.

3. Цели поисков идей (вариантов) должны быть соответствующим образом разработаны и ясно представлены ведущим, который должен следовать за надлежащим ходом обмена мнениями. Подготовка заседания, посвященного «мозговой атаке», заключается также в подборе разнохарактерных специалистов и экспертов.

4. Все выдвинутые идеи (предложения) записываются в порядке обсуждения и после заседания подвергаются критическому анализу. Затем проводится синтез способом, позволяющим получить область возможных решений.

5. Дополнительным фактором, обеспечивающим свободу генерирования идей, должны быть условия проведения заседания, которое должно проходить в атмосфере товарищества и взаимопонимания.

П.И. Орлов среди приемов, облегчающих сложную работу конструирования, выделяет так называемый метод инверсии, который объединяет собой ряд приемов, высказанных выше. Сущность метода заключается в обращении функции, формы и рас-

положения деталей. В узлах иногда бывает выгодным поменять детали ролями, например, ведущую деталь сделать ведомой, направляющую — направляемой, охватывающую — охватываемой, неподвижную — подвижной.

Целесообразно иногда инвертировать формы деталей, например, наружный корпус заменить внутренним, выпуклую сферическую поверхность — вогнутой. В ряде случаев оказывается выгодным переместить конструктивные элементы с одной детали на другую, например, шпонку с вала на ступицу и т. п.

Каждый раз конструкция при этом приобретает новые свойства. Конструктор взвешивает преимущества и недостатки исходного и инвертированного варианта с учетом прочности, габаритов, технологичности, удобства эксплуатации и выбирать наилучший из них.

Рассмотрим ряд иллюстрирующих примеров. На рис. 4.2, *а* показан привод толкателя. В конструкции *I* боек коромысла выполнен плоским, тарелка толкателя — сферической. В инвертированной схеме *II*, боек — сферическим, тарелка толкателя — плоской. Результатом инверсии является уменьшение поперечных усилий на толкатель. Кроме того, боек можно выполнить цилиндрическим, что обеспечивает линейный контакт в сочленении, тогда как в конструкции по схеме *I* контакт точечный.

На рис. 4.2, *б* приведена схема установки шатуна в вильчатой проушине. В схеме *I* ось сочленения закреплена в шатуне и вращается в подшипниках вилки, в инвертируемой схеме *II* — в вилке, подшипник установлен в шатуне. В этом случае инверсия способствует уменьшению габаритов и улучшению работы подшипника, приобретающего большую жесткость.

В схеме *I* рис. 4.2, *в* ниппельного соединения ниппель затянут внутренней накидной гайкой. В инвертированной схеме *II* применена наружная гайка, в результате чего, осевые габариты становятся меньше, а радиальные — больше. Соединение по схеме *II* удобнее для затяжки.

На рис. 4.2, *г* иллюстрируется пример с пружиной. В схеме *II* пружина растяжения заменена пружиной сжатия с реверсом. Пружина сжатия прочнее и долговечнее пружины растяжения, у ко-

торых часто наблюдается вытяжка прицепов. Инвертированная конструкция надежнее, но сложнее и тяжелее, чем обычная конструкция по схеме I.

В схеме I рис.4.2, д тележка подвешенного крана имеет две пары роликов (на рисунке показана только одна пара), охватывающих монорельс. В инвертированной схеме II, пара роликов перемещается между двумя рельсами. Недостаток схемы — необходимость применения двух рельсов.

На рис. 4.2, е иллюстрируется установка холостого зубчатого колеса.

Схема I выгоднее по габаритам и технологичности. Условия работы подшипника улучшаются вследствие увеличения жестко-

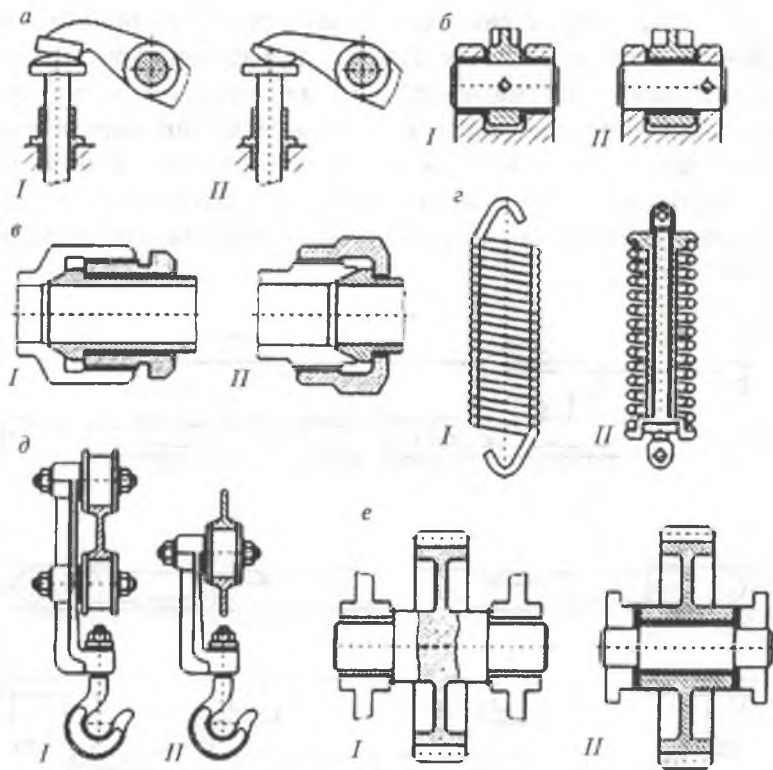


Рис. 4.2. Примеры применения метода инверсии

сти опор. При установке колеса по схеме *I*, вал под действием усилия привода подвержен циклической нагрузке. В схеме *II*, ось нагружена статически.

Рассмотрим несколько примеров из области горных машин.

На рис. 4.3, *a*, *б* даны схемы систем подачи выемочных машин с цепными тяговыми органами.

Отличие системы *a* от системы *б* заключается в том, что в первом случае комбайн перемещается с помощью приводных звездочек, механизма подачи, относительно неподвижно закрепленной вдоль лавы цепи. Цепь выполняет функцию элемента, за который комбайн "как бы подтягивается" при движении.

В комбайне имеется встроенный механизм подачи, который передает момент на приводную звезду.

С целью уменьшения длины комбайна, что необходимо в условиях тонких угольных пластов, разработана конструкция с вынесенными системами подачи *I* на штрек. В этом случае, длина машины сокращается. Теперь комбайн перемещается движущейся цепью, которая из неподвижной стала движущейся (вспомним п. 10 рекомендаций: «Попытаться обеспечить обратное действие, придав движение неподвижным элементам и наоборот»).

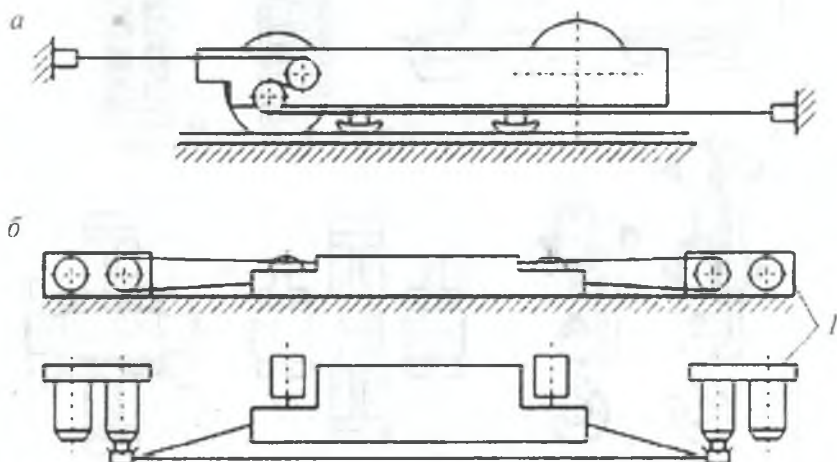


Рис.4.3. Схемы подачи выемочных машин

Пункт 12 рекомендаций: «Изменить компоновку элементов, меняя общую форму», хорошо иллюстрируется на примере поиска конструктивных схем очистных комбайнов для выемки угля из тонких пластов. При поиске приемлемых решений, обеспечивающих эффективную работу комбайнов на пластах мощностью до 1,0 м в составе механизированного комплекса, рассмотрены 4 варианта компоновки. Схемы анализировались по целому набору показателей, важнейшими из которых являются: возможность челноковой работы, возможность самозарубки, эффективность погрузки угля, достаточность клиренса комбайна (размер h — расстояние от низа корпуса до несущей поверхности конвейера), качество управления кровлей и др.

Известные конструктивные схемы приведены на рис. 4.4. По 1-й схеме (рис. 4.4, *а*) выполнены комбайны 1К101, 1К101У и РКУ10. Минимальная мощность пласта, где могут работать комбайны, сделанные по этой схеме, составляет 0,9 м. Клиренс $h = 140$ мм. Такой клиренс, как показывает опыт, недостаточен для пропуска угля от исполнительного органа под корпусом комбайна, что предопределяет применение при такой мощности комбайна, работающего по односторонней схеме и, как следствие, с ограниченной производительностью.

В схеме 2 (рис. 4.4, *б*) корпус комбайна расположен в пространстве между линией забоя и ставом конвейера 5. Над ставом конвейера расположен портал, имеющий захват за круглую направляющую. По такой схеме могут быть созданы комбайны для выемки пластов мощностью от 0,7 до 1,2 м.

Относительно небольшая толщина портала 100 — 150 мм позволяет в пределах заданного размера H иметь достаточный клиренс $h > 200$ мм для прохода угля. Недостатком такой схемы является ухудшение условий погрузки угля на забойный конвейер, так как исполнительный орган отодвинут от конвейера на ширину корпуса комбайна.

Третья схема рис.4.4, *в* отличается от предыдущих тем, что корпус 2 расположен между исполнительными органами комбайна. Комбайн выполняется с вынесенным механизмом подачи. Недостатком схемы является невозможность фронтального

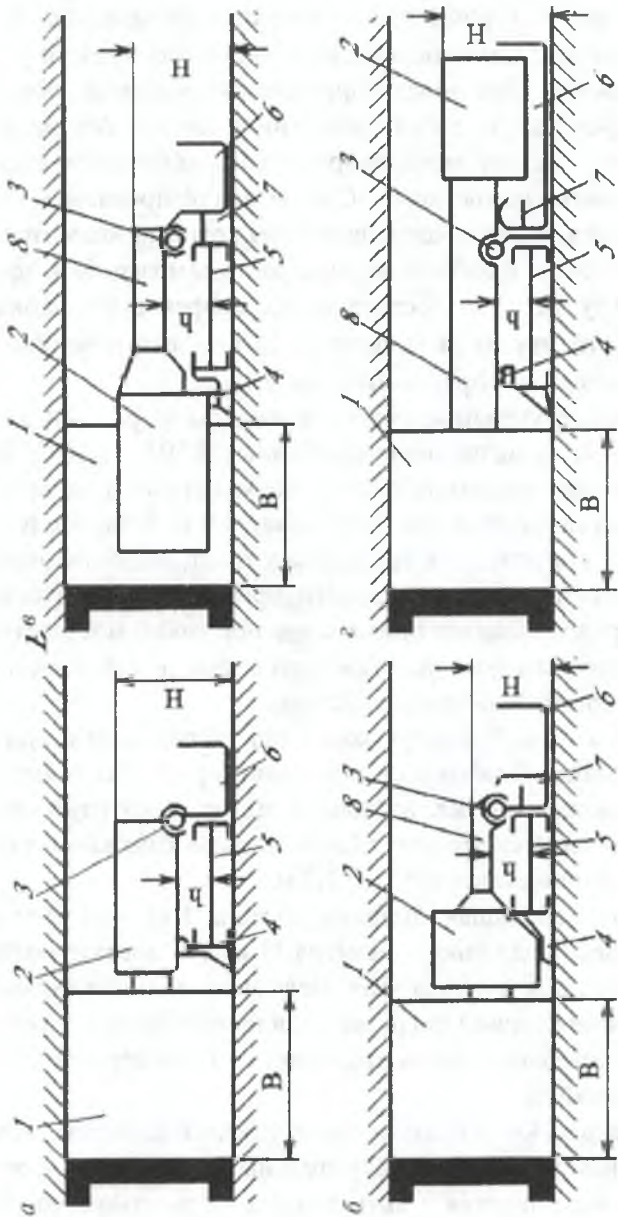


Рис. 4.4. Компонентные схемы очистных комбайнов для выемки угля из тонких пластов:

а — корпус комбайна размещен над ставом забойного конвейера; *б* — корпус комбайна размещен в пространстве между линией забоя и ставом забойного конвейера; *в* — корпус комбайна размещен в пространстве между исполнительными органами комбайна; *г* — корпус комбайна размещен в специально образованной дорожке, позади забойного конвейера с заальной стороны; *1* — исполнительный орган; *2* — корпус комбайна; *3* — круглая направляющая; *4* — опорная лыжа со стороны забоя; *5* — забойный конвейер; *6* — желоб для кабелюкладчика; *7* — желоб для тяговых цепей вынесенного механизма подачи; *8* — портал; *Н* — выюта корпуса комбайна от почвы; *В* — клиренс для прохода угля по ставу конвейера в зоне комбайна

внедрения в угольный пласт (зарубки) исполнительных органов комбайна и необходимость выполнения для этого косых заездов комбайна по концам лавы.

В схеме 4 (рис.4.4, з) корпус 2 комбайна размещен в специально образованной дороге позади рештаков забойного конвейера 5 с завальной стороны. Портал 8, в котором размещена силовая передача к исполнительным органам, имеет устройство, охватывающее круглую направляющую 3, и опорной лыжей 4 опирается на полку боковины рештака конвейера с забойной стороны. Комбайн имеет вынесенную систему подачи. Основным недостатком схемы является относительно большая ширина рабочего пространства, занятого комбайном и конвейером, так как для размещения корпуса комбайна требуется специальная дорога. Имеются и другие недостатки. Достоинством является возможность фронтального внедрения комбайна в пласт.

Рекомендации п. 14 по группировке элементов в узлы по различным критериям хорошо прослеживаются на примере компоновки пультов управления машинами.

При компоновке пультов можно руководствоваться одним из пяти принципов:

- принцип функциональной организации, предусматривающий группировку приборов и органов управления по их функциям;
- принцип значимости, когда приборы группируются в зависимости от того, насколько решающими являются они для выполнения определенной группы операций;
- принцип оптимального расположения в зависимости от особенностей каждого из приборов с учетом точности, с которой прибор должен быть прочитан, скорости восприятия и т.п.;
- принцип последовательного использования, согласно которому размещение приборов и органов управления производится в соответствии с последовательностью операций;

- принцип частоты использования, требующий, чтобы наиболее используемые элементы помещались в удобных для восприятия и манипулирования местах.

Перейдем теперь к рассмотрению методики компонования машин и оборудования.

Компоновка обычно состоит из двух этапов: эскизного и рабочего.

В эскизной компоновке разрабатывают основную схему и общую конструкцию изделия (иногда несколько вариантов). На основании обсуждения эскизной компоновки составляют рабочую компоновку, уточняющую конструкцию и служащую исходным материалом для дальнейшего проектирования.

При компоновании важно уметь выделить главное из второстепенного и установить правильную последовательность разработки конструкции.

Можно дать несколько общих рекомендаций, которые позволят избежать общих ошибок при компоновке изделия.

На начальных стадиях следует избегать компоновки всех элементов конструкции одновременно, это приведет к механическому нанизыванию элементов, расположенных нецелесообразно.

Компоновку надо начинать с решения главных вопросов — выбора рациональных кинематической и силовой схем, правильных пропорций и размеров, форм деталей, их рационального расположения.

Стремиться, параллельно разрабатывать несколько вариантов, к их анализу и выбору рациональных. Детальная разработка вариантов необязательна.

При компоновке следует выполнять расчеты, пусть они будут ориентировочные.

Использовать опыт реализованных конструкций.

Постоянно иметь в виду вопросы изготовления и с самого начала придавать деталям технологичные формы.

Компоновку необходимо вести на основе нормальных размеров, максимально добиваться унификации.

При компоновке должны быть учтены все условия, определяющие работоспособность изделия, продумана смазка, охлаждение, сборка-разборка, крепление, условия обслуживания, долговечность и т.п.

Для получения удачных решений целесообразно в работе делать передышки, после которых могут появиться оригинальные решения, прислушиваться к мнению компетентных товарищей и опытных конструкторов.

Следует помнить, что стоимость проектирования мала по сравнению со стоимостью выпуска машин.

Компоновку лучше вести в масштабе 1:1, если допускают габариты изделия. В этом случае легче выбрать размеры, составить общее представление об изделии.

Техника выполнения компоновочных чертежей представляет процесс непрерывных поисков, проб, прикидок. Не следует тратить времени на вырисовывание подробностей. На ранних стадиях можно воспользоваться эскизами, выполненными от руки.

4.4. ГДЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ВОПРОСЫ СОВМЕСТИМОСТИ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ?

Проблемами совместимости человека с машиной или, как часто принято называть, созданием оптимального человеко-машинного интерфейса, занимается наука эргономика.

Эргономика — научная дисциплина, возникшая на стыке технических наук, психологии, физиологии, гигиены. Там же используются данные из анатомии, токсикологии, антропометрии, биофизики.

Эргономика — наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с целью создания для него оптимальных условий, т.е. таких условий, которые, делая труд высокопроизводительным и надежным, в то же время обеспечивают человеку необходимые удобства и сохраняют его силы, здоровье и работоспособность.

Термин «*эргономика*», образованный от двух греческих слов *ergo* — труд и *nomos* — закон, был принят в 1949 г., когда в

Англии группа специалистов различных областей знаний объединилась для разработки новой комплексной научной дисциплины. В СССР в 20-е годы предлагался термин «эргология», а в настоящее время принят английский термин.

В некоторых странах эта научная дисциплина имеет иные названия: в США — «исследование человеческих факторов», в ФРГ — «антропотехника» и др.

Отметим основные направления, которыми занимается эргономика.

1. Нормализация условий физического труда.

Сюда входят вопросы:

- изучение видов физической нагрузки и оценка их воздействия на оператора;
- анализ органов управления и их использования в пультах управления;
- рациональное расположение и компоновка органов управления в рабочем пространстве машины;
- разработка конструкции и компоновка рабочих мест на основе антропометрии, моторики и биомеханики человека;
- изучение закономерностей физического взаимодействия оператора и машины, выработки трудовых навыков и нормирования трудового процесса.

2. Оптимизация процессов получения преобразования и передачи информации в системе «человек — машина».

В этом разделе рассматриваются следующие вопросы:

- изучение характеристик памяти и оперативного мышления оператора;
- формирование информационных моделей трудового процесса;
- оценка различных видов средств отображения информации;
- оценка эффективности форм подачи информации (зрительная, слуховая и др.);
- нормирование информационной нагрузки на оператора;
- разработка принципов оптимальной компоновки и размещения средств отображения информации;

3. Контроль внешних воздействий на оператора.

Здесь изучаются вопросы:

- степень зависимости физического, физиологического и психофизиологического состояния оператора от воздействия факторов окружающей среды (состав воздуха, метеорологические условия, шум, вибрации, перегрузки и т. п.). В отношении факторов воздействия окружающей среды в эргономике определяются «зоны комфорта» и разрабатываются необходимые средства защиты от негативных воздействий;

- влияние формы и размеров рабочего пространства на рабочую позу и моторику оператора.

- изучение влияния внешних воздействий на органы восприятия человека;

- художественное формообразование рабочих мест;

- разработка эффективных цветовых схем рабочего места.

Все перечисленные вопросы формируют критерии оценки конструкций машин и производственных помещений.

К этим критериям относятся: скорость, определяющая количество работы и времени ее выполнения, затрачиваемая сила, точность, допустимый процент ошибок в работе, количество воспри-

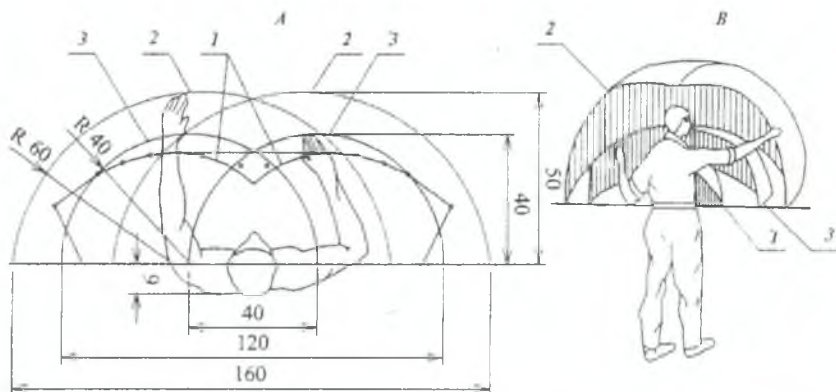


Рис. 4.5. Максимальная и оптимальная рабочие зоны рук:

A — в горизонтальной плоскости; *B* — в трех измерениях; 1 — оптимальная зона; 2 — максимальная зона; 3 — нормальная зона (величины даны в см)

нимаемой и передаваемой информации. Физиологические критерии служат для определения утомления при выполнении различных видов работ.

При проектировании горного оборудования с позиции эргономики наиболее интересными являются следующие вопросы:

1. Антропометрия, зоны досягаемости особенно при работе в ограниченном пространстве.

2. Основные закономерности моторики человека (биомеханика человека).

3. Особенности зрительного восприятия человека.

4. Системы отображения информации.

5. Влияние факторов окружающей среды на работоспособность оператора.

На рис. 4.5 иллюстрируются зоны досягаемости рук человека в положении «стоя».

РОЛЬ
КОМПЬЮТЕРОВ
В ПРОЦЕССЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Глава

5

5.1

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ САПР

Не будет преувеличением сказать, что компьютеры привлекли внимание проектировщиков с момента появления первых стабильно работающих образцов. Еще до появления самого понятия проектирование, когда речь шла только о конструировании машин, в процессе разработки техники выполнялся большой объем расчетов. Сюда входили прочностные, экономические и др. Для выполнения сложных математических вычислений во всех проектно-конструкторских организациях были расчетные отделы. Основным рабочим инструментом расчетчика в то время был арифмометр Felix названный в России «железный Феликс». Это устройство, в котором благодаря системе шестерен можно было складывать или вычитать многозначные числа. Операции умножения и деления проводились как многократное вычитание или сложение. Одной математической операции соответствовал один поворот ручки. Таким образом, скорость выполнения математических операций составляла в среднем 3 — 5 в секунду. Звук, издаваемый одним аппаратом напоминал, стрекотание цикады. Собранные в одном помещении несколько десятков «железных Феликсов» издавали постоянный гул и щелканье, что, конечно же, сказывалось на количестве ошибок в работе. Поэтому все вычисления приходилось выполнять по 2 — 3 раза.

Появление машин, которые могли бесшумно выполнять несколько тысяч математических операций в секунду и выдавать стабильно точные результаты, произвело революцию в конструировании, позволив сократить в несколько раз время расчетов.

Аналогично процессу развития и становления проектирования как отдельной дисциплины, компьютеры в проектировании проходили те же стадии. В начале при помощи компьютеров решались отдельные узкие задачи в основном расчетного характера. Возможности работы с графическими изображениями были минимальны. Уровень программного обеспечения был низ-

кий. Популярность и простота написания простых программ на языках низкого уровня, таких как Basic, Fortran породило большое количество узко специализированных программ. В большинстве своем, эти программки не имели удобного пользовательского интерфейса, грамотно составленного руководства пользователя, совершенствование велось методом проб и ошибок. Вопрос лицензирования программ тогда не поднимался потому, что отсутствовало само понятие. В организациях занимающихся решением одинаковых задач часто появлялись программы для решения одной и той же задачи, написанные независимыми коллективами. На лицо были все признаки кустарного и цехового производства. Большинство из этих программ не вышли за стены организаций, в которых они были созданы и при появлении более мощных средств проектирования необходимость в них отпала.

По мере развития рынка программного обеспечения сформировались типы и классификационные признаки инженерных программ. Из общей массы выделились следующие группы:

- базы данных;
- программы обработки векторной графики;
- расчетные программы;
- твердотельное моделирование.

Базы данных — инструмент накопления, упорядочивания и обработки больших объемов информации. Программы этого типа были созданы одни из первых. Память человека не приспособлена для накапливания и хранения точных сведений. Информация, поступая к человеку через внешние анализаторы преобразуется в специфические мыслеобразы, и некоторое время хранится в неизменном виде. Однако по мере накопления некоторого количества фактических событий, по правилу индукции, они обобщаются до закономерности, при этом несущественные подробности забываются. Основной объем информации в памяти человека хранится в виде принципов и стратегических схем зашифрованных набором мыслеобразов. Одна из характеристик памяти человека — скорость забывания. Если информация долгое время не используется — она забывается и полное восста-

новление требует значительных усилий. В отличие от человека память машины пригодна для накопления больших количеств точной информации вне зависимости от ее типа. Это могут быть любые сведения представленные в виде букв и цифр, графические изображения, векторные рисунки и т.д. Понятие скорость забывания в машинной памяти отсутствует, и срок жизни информации зависит только от срока жизни носителя. Резервное копирование делает срок жизни информации сколь угодно долгим.

Еще одно существенное отличие человека от машины — способ обработки информации. Логика человека индуктивна по своей природе. В любом наборе схожих явлений человек склонен искать закономерности, делать логические выводы, которые формируют т.н. жизненный опыт. Алгоритм обработки информации человеком сложен и индивидуален. В одних и тех же условиях два разных человека предложат разные решения. Не всегда можно логически объяснить как было получено то или иное решение, особенно для задач с высокой степенью неопределенности. Логика машины дедуктивная. Машина обрабатывает информацию опираясь только на те логические принципы, которые были заложены в программу. В режиме неопределенности машина не может прийти к одному правильному решению и здесь нужен человек.

Таким образом, свойства памяти и методы обработки информации человеком и машиной отличаются кардинально и при совмещении дополняют друг друга. Программы обработки баз данных ориентированы в первую очередь на накопление, структурирование, анализ, статистику и учет больших объемов информации.

Программы обработки векторной графики. Первые опыты записи рисунков в память компьютера были неразрывно связаны с понятием растр. Растром (от немецкого Raster) называется решетка для структурного преобразования направленного светового пучка. Изображение на экране компьютера, телевизора представлено совокупностью строк составленных из светящихся точек. Такой метод передачи изображения получил название телевизионного растра. Принцип составления картинок из строк квадратиков малого размера, у каждого из которых свой цвет

лег в основу первых форматов изображений, создаваемых на компьютере. Окрашенные клетки, формирующие картинку называли пикселями от английских слов picture — картина, изображение и cell — клетка. Данные растрового рисунка формируются следующим образом: в файле задан размер строки в пикселях, начало отсчета рисунка — один из углов, далее по каждому пикселю порядковый номер и цвет. Первые попытки создания обработки и хранения чертежей с использованием компьютера показали полное несоответствие растровых форматов требованиям инженерной графики. Векторная графика разрабатывалась с учетом требований проектировщиков. Современные векторные форматы поддерживают 20 — 30 типов объектов. Поле чертежа — пространство в декартовой системе координат. Информация о графических объектах состоит из геометрического описания оно включает тип объекта, координаты базовых точек и определяющие размеры и атрибутов элемента которые содержат информацию о толщине, типе линии, графическом слое, цвете. Векторные графические редакторы оперируют в среднем 20 — 40 типами графических объектов, начиная с линии, окружности, дуги и заканчивая B-сплайновыми кривыми и поверхностями. Математическое ядро программы на основе описания элементов формирует растровое изображение на экране монитора. Преимущества векторных форматов перед растровыми, для решения задач инженерной графики, очевидны. Редактируя или модифицируя векторную графику, проектировщик вносит изменения в растровый образ конкретного объекта, а программа соответствующим образом изменяет его атрибутику или описание. Атрибутивная информация позволяет группировать и классифицировать объекты по совокупности признаков, делать их невидимыми или недоступными, выделять и манипулировать массивами элементов. Толщина линий изображения не зависит от масштаба. Файл векторной графики содержит не перечень близких пикселей формирующих и фон и изображение, а описание графических элементов, которое занимает заметно меньше места на жестком диске. Векторные графические редакторы содержат набор инструментов для точных построений. Первоначальное назначение этих программ — замена чертежной доски, однако по

скорости создания отдельного чертежа компьютер до сих пор не может сравниться с кульманом. Преимущества компьютера становятся очевидны, когда появляется потребность копирования и тиражирования изображений. В дальнейшем область их применения значительно расширилась. После перехода от двухмерных чертежей к трехмерной графике у проектировщика появилась возможность создавать трехмерные виртуальные макеты объектов проектирования. На макетах, возможно, визуально оценить пространственное решение изделия, посмотреть варианты цветового оформления, совместив точку и направление взгляда со взглядом оператора дать оценку обзорности рабочего места, разместив трехмерное изображение тела оператора в рабочем пространстве виртуального макета можно оценить удобство размещения, характерную рабочую позу, досягаемость отдельных точек рабочего пространства оператором, наложив на поверхности макета текстуры соответствующих материалов можно получить фотореалистичное изображение объекта проектирования еще на стадии эскизного проекта.

Все современные векторные редакторы позволяют обеспечить связь графической информации с различными базами данных. В некоторых случаях на чертеже невозможно разместить всю дополнительную информацию касающуюся графических объектов. В таких случаях вся дополнительная информация помещается в базу данных, а в описании графического элемента размещается ссылка на соответствующую запись в таблице. При необходимости информация может быть легко извлечена из таблицы, показана на экране, отображена на чертеже или выведена на печать. Впервые эта технология была разработана для геоинформационных систем (ГИС). Попытка создать универсальную электронную карту показала, что невозможно разместить на одном листе всю геодезическую, топографическую, экономическую, демографическую, кадастровую, эксплуатационную и т.п. информацию. Чтобы не создавать много тематических карт опирающихся на одно графическое изображение, всю алфавитно-цифровую информацию, касающуюся графических объектов было решено разместить в таблицах базы данных и выводить на экран

по мере необходимости. Таким образом, одна и та же карта становилась геодезической, топографической, экономической и т.п. В машиностроительном черчении, возможно, использовать подключенную базу данных для хранения комментариев, технологических маршрутов, специальных рекомендаций. Технология ГИС позволяет экономить время, создавая интегрированную среду проектирования.

Расчетные программы. Инженерные расчеты нагрузок, прочностные, размерных цепей, экономического эффекта выполняются на разных стадиях разработки конструкции техники. Компьютеры дали проектировщикам возможность выполнять сложные расчеты затрачивая на это минимум времени, создавать сложные математические модели механических процессов и использовать в расчетах метод многовариантного анализа. Еще до появления компьютеров, учеными и конструкторами были разработаны алгоритмы расчетов различных технических систем. В последствие на основе этих алгоритмов были написаны первые расчетные программы. Большинство из них были узко специализированы на потребностях предприятия или отрасли и не могли быть адаптированы к смежным задачам. Результаты расчета оформлялись так, как того требовали конструктора — заказчики программ. Чаще всего это были таблицы и графики. Любая расчетная задача использует в качестве объекта некоторое математическое описание детали или конструкции. Его дополняют нагрузками, в результате получается математическая модель процесса, на основании которой выполняется расчет. Универсальность программы определяется гибкостью моделей объекта и процесса.

В первых расчетных программах математическое описание детали или ее элементов было жестко фиксировано в теле программы. По этой причине расширить область применения программ было очень сложно.

По мере развития техники усложнялись схемы работы механических систем, выросла мощность приводов, потребовался расчет влияния факторов степень влияния которых ранее была

незначительна, появились новые сочетанные виды нагружений. Благодаря этому назрела потребность создания универсальных программ, которые могли моделировать детали, конструкции и виды нагружения любой сложности. Математической базой семейства универсальных программ стал метод конечных элементов (МКЭ). Благодаря расширению возможностей математического ядра расчетных программ, появилась возможность учета усталостных напряжений, вибраций в конструкциях и т.п. На этом этапе расчетные программы начали использовать для визуального контроля формирования математической модели и наглядного изображения результатов расчета векторную графику. Дальнейшим шагом обоюдного развития графических и расчетных программ, стало появление технологии параметрического проектирования и твердотельного моделирования. Эта технология коренным образом отличается от векторной графики способом создания и информативностью модели. Первое отличие в том, что в векторных форматах носителем информации служит созданный на основе геометрической информации, двух или трехмерный чертеж, в твердотельном моделировании трехмерная математическая модель, содержащая геометрическую и физическую информацию об изделии. Второе отличие: в векторном редакторе размеры детали рассчитываются на основе геометрии графических элементов, а в среде параметрического проектирования размеры определяют геометрию модели, их величину задает пользователь. Все параметры объекта могут быть с легкостью изменены или скорректированы. Надо отметить, что поняв выгоды параметрического проектирования, производители векторных графических редакторов добавили в свои пакеты программ поддержку твердотельного моделирования.

Можно сделать вывод, что для изготовления отдельного экземпляра чертежа правильно воспользоваться чертежной доской, если необходимо создать несколько чертежей однотипных изделий предпочтительно использовать векторный графический редактор, а для проектирования сложных технических конструкций следует выбрать пакет параметрического проектирования на основе технологии твердого тела.

5.2. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СРЕДЕ SOLID WORKS

Рассмотрим технологию параметрического проектирования и твердотельного моделирования на примере программы Solid Works.

По определению энциклопедического словаря *параметр* — величина, характеризующая какое-либо свойство процесса, явления или системы, машины, прибора. При помощи размерных и физических параметров можно дать полное описание объекта проектирования и представить его в виде математической модели. Изменяя значения параметров, убирая лишние и добавляя необходимые можно управлять моделью.

Solid Works — интегрированная среда проектирования технических систем любой сложности. В основе программы лежит математическое ядро фирмы Para Solid и графический интерфейс Windows. Благодаря этому программа не требует мощных графических станций и может использоваться на персональных компьютерах.

Виртуальный проект создаваемый в среде Solid Works, носит название модель. Модель состоит из деталей, сборок и чертежей объединенных системой взаимосвязей в один общий информационный комплекс. Система поддерживает два способа проектирования: снизу вверх — когда сначала создаются детали, потом они объединяются в сборку и сверху вниз — сразу формируется сборка в общем виде, потом ее содержимое уточняется, добавляются дополнительные детали. Чертежи формируются на базе деталей и сборок. Следует отметить, что метод сверху вниз может применяться лишь для некоторых типов конструкций, а методом снизу вверх можно создавать модели любых технических систем.

Важным моментом системы параметрического проектирования является наличие динамических информационных связей внутри модели. При обращении к детали, сборке, чертежу программа проверяет состояние всех файлов модели. Если в параметры, какого либо элемента были внесены изменения, программа корректирует файлы модели в соответствии с ними.

Далее рассмотрено формирование модели Solid Works на примере роторного радиально-поршневого насоса.

5.3. ФОРМИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Основой детали в Solid Works служит двухмерный эскиз. Если деталь имеет сложную конфигурацию для ее создания используется несколько эскизов. Расположение, форма и размеры эскиза определяются ограничениями, которые задает проектировщик. Важное значение имеет грамотное формирование первого эскиза. Чтобы в дальнейшем избежать проблем при создании чертежа, необходимо располагать эскизы таким образом, чтобы основной вид детали был спроецирован на плоскость «спереди». Все ограничения можно разделить на геометрические, размерные, положения, взаимозвязки. Геометрические ограничения определяют форму и тип геометрических объектов, например: отрезок, дуга или окружность. Размерные ограничения задают размеры отдельных элементов и всего эскиза. Ограничения положения фиксируют ориентацию графических элементов в плоскости эскиза. Ограничения взаимозвязки определяют соотношения между размерами одного или различных эскизов. Следует заметить, что одни и те же параметры можно задать различными сочетаниями ограничений.

Для формирования эскиза используются инструменты панелей «эскиз» и «размеры / взаимосвязи». Первый инструмент позволяет строить на плоскости эскиза геометрические объекты: отрезок, окружность, дуга, многоугольник, сплайн; редактировать и модифицировать их. Второй инструмент предназначен для наложения ограничений взаимосвязи и размерных.

Расположение первого эскиза должно быть полностью определено относительно базовой точки — начала отсчета абсолютной системы координат в файле детали. Остальные эскизы могут ссылаться на геометрию первого эскиза или твердого тела полученного на его основе. В среде Solid Works соблюдается строгая последовательность «родитель-потомок». Каждый последующий элемент может ссылаться на любой предыдущий, ссылки элемента на любой последующий невозможны.

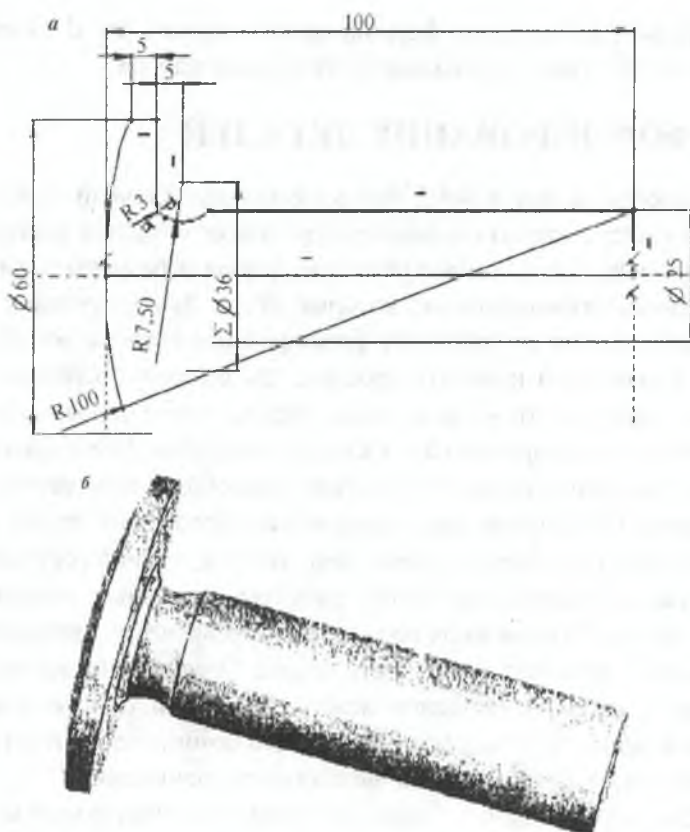


Рис. 5.1. Поршень роторного радиально-поршневого насоса:
а — параметризованный эскиз детали, *б* — твердотельная модель

Создание твердотельной модели напоминает процесс получения детали из заготовки. Исходный элемент, полученный на основании первого эскиза, дополняется вырезами, отверстиями, добавочными элементами. Затем в модель добавляются фаски и скругления. В результате получается деталь поверхность, которой складывается из кромок и поверхностей. Физические свойства детали учтены в разделе материал.

Для создания твердотельного элемента (бобышки) используются инструменты панели «элементы». С готовым эскизом пользователь может выполнить следующие операции: вытянуть

в прямом направлении или по траектории, повернуть вокруг оси на заданный угол или создать элемент по сечениям. Там же находятся инструменты формирования вырезов, отверстий, фасок и скруглений. В основе вырезов и отверстий также лежат эскизы, а фаски и скругления создаются по стандартным параметрам, которые определяет проектировщик. Специалисты не рекомендуют делать фаски и скругления в эскизе, поскольку это может создать проблемы при оформлении чертежей. На рис 5.2 показан ротор радиально поршневого насоса. Первый эскиз формирует тело ротора, второй — рабочую камеру. Фаска добавлена в модель как твердотельный параметрический элемент.

Некоторые операции могут потребовать опорных графических элементов, для их создания используются инструменты панели «справочная геометрия».

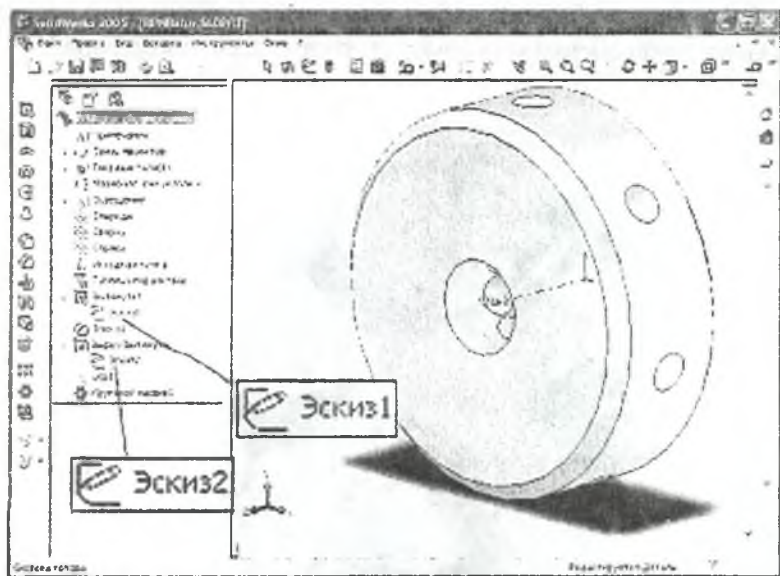


Рис 5.2. Ротор роторного радиально-поршневого насоса

5.4. ФОРМИРОВАНИЕ СБОРОК.

Сборка формируется из деталей. Управление деталями обеспечивают инструменты панели «сборка». Первая деталь разме-

щается в сборке с атрибутом «зафиксированный», остальные добавляются с атрибутом «свободный». Зафиксированный элемент не может быть перемещен или повернут. Обычно первым в сборку добавляется несущий элемент, это может быть корпус, несущий или стационарный элемент механической конструкции. В дальнейшем при редактировании сборки можно снять или переназначить атрибут «зафиксированный» любой детали сборки. Компонировка и правильное функционирование механизма определяется ограничениями взаимного расположения графических элементов деталей (кромки и грани) и степенями свободы компонентов сборки. Средства формирования сборки предлагают 7 видов стандартных сопряжений и 8 дополнительных. Этого инструментария достаточно, чтобы смоделировать любое взаимное расположение и подвижность элементов технической системы. На рис. 5.3 показана сборка роторного радиально-поршневого насоса. Для визуальной оценки конструкции ротор сделан прозрачным.

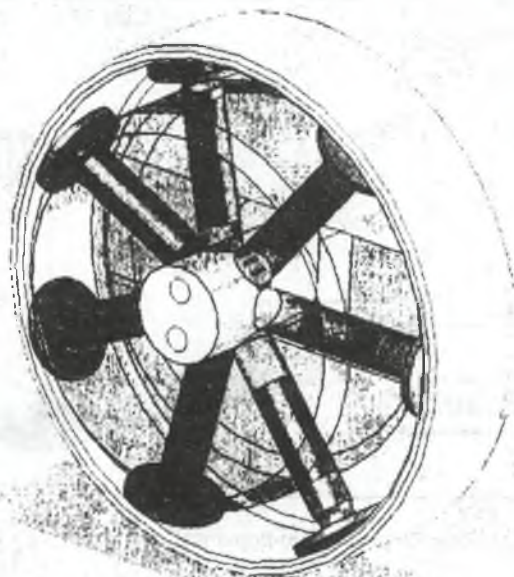


Рис. 5.3. Роторный радиально-поршневой насос, сборка

Компоненты сборки можно перемещать или вращать в пределах имеющихся степеней свободы. Кроме простого перемещения проектировщик может выполнить моделирование физического взаимодействия и проверку на наличие конфликтов в конструкции. Отдельно можно выполнить проверку на наличие интерференции (частичного наложения) деталей в сборке, создать вид с разнесенными элементами (рис. 5.4) и др.

Проверка работоспособности виртуальной конструкции и физического взаимодействия компонентов сборки выполняется инструментами моделирования. Пользуясь инструментом, проектировщик добавляет в сборку поступательные и вращательные двигатели, присваивает упругие свойства пружинам и может учитывать воздействие силы тяжести на компоненты сборки. Физическое

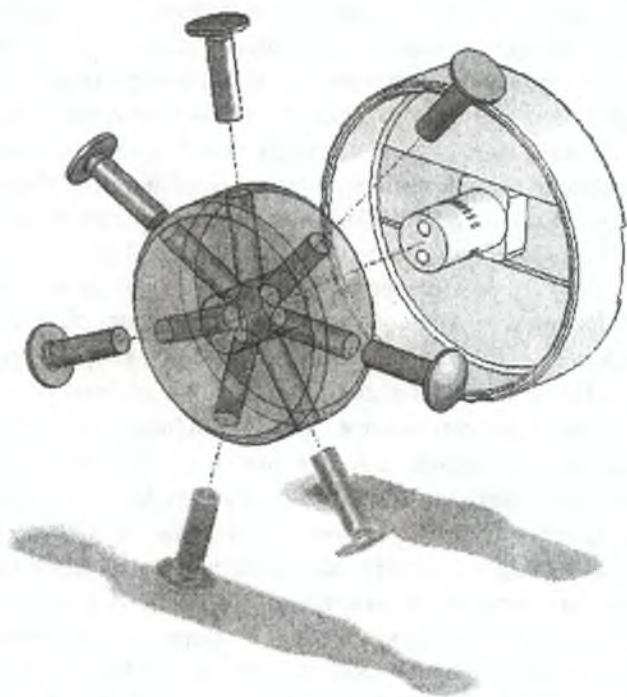


Рис. 5.4. Роторный радиально-поршневой насос, вид с разнесенными элементами

моделирование объединяет элементы моделирования с инструментами SolidWorks — сопряжениями и Физической динамикой, для перемещения компонентов по сборке. Результат моделирования может быть сохранен как видеоролик.

В файле сборки удобно устанавливать размерные соотношения между отдельными деталями. В сборке роторного радиально-поршневого насоса на рис. 5.3 установлена зависимость диаметра поршня от диаметра отверстия рабочей камеры. При изменении диаметра рабочей камеры ротора автоматически меняется диаметр поршня. Редактирование диаметра поршня напрямую невозможно, этот размер имеет атрибут «только для чтения».

5.5. СОЗДАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В результате процесса проектирования формируется пакет конструкторской документации, включающий в себя чертежи деталей, сборочных единиц, монтажные, габаритные, эксплуатационные документы, программы и методики предварительных и приемочных испытаний, руководство по эксплуатации и др. Создание чертежей, заполнение спецификаций — рутинный трудоемкий процесс, требующий выполнения большого объема ручной работы. В среде Solid Works чертежи формируются в интерактивном режиме на базе деталей и сборок. При создании детали или сборки в раздел свойства файла заносятся технические, технологические и другие сопутствующие сведения об объекте: количество, материал, масса, способ изготовления, разработчик и т.п. Информация, записанная в свойствах файла детали или сборки, транслируется в штамп чертежа и в спецификацию. Формат передаваемой информации, а также шаблон чертежа могут быть настроены пользователем в соответствии с существующими стандартами. Инструменты формирования чертежа позволяют добавлять в поле чертежа стандартные и специальные виды (включая триметрию, изометрию и диметрию), разрезы и сечения детали или сборки, делать выноски, местные разрезы. Параметры отображения: (масштаб, отображение скрытых линий и др.) для каждого вида можно настраивать индивидуально. Размеры импортируются в чертеж из эскизов, формирующих деталь. При пере-

грузке одного вида часть размеров может быть перенесена на другие виды (разрезы). Будучи импортированными, в чертеж, размеры сохраняют свою управляющую способность. Так, изменив значение размера в чертеже, вы измените и деталь в модели. На рис. 5.5 показан чертеж ротора радиально-поршневого насоса сформированный на базе твердотельной параметризованной модели рис. 5.2.

Группа инструментов «примечания» предназначена для добавления в чертеж осевых линий, условных обозначений вида и качества обработки поверхностей, отклонений формы, базовых поверхностей. Все обозначения соответствуют ЕСКД, за исключением шрифта. Требования единой системы конструкторской документации достаточно сложны и большинство общеупотребительных форматов не позволяют создать шрифт, полностью отвечающий требованиям ЕСКД. Использование встроенных шрифтов программного продукта не отвечало требованиям универсальности, лежащим в основании концепции Solid Works. Поэтому Solid Works поддерживает использование шрифтов True Type,

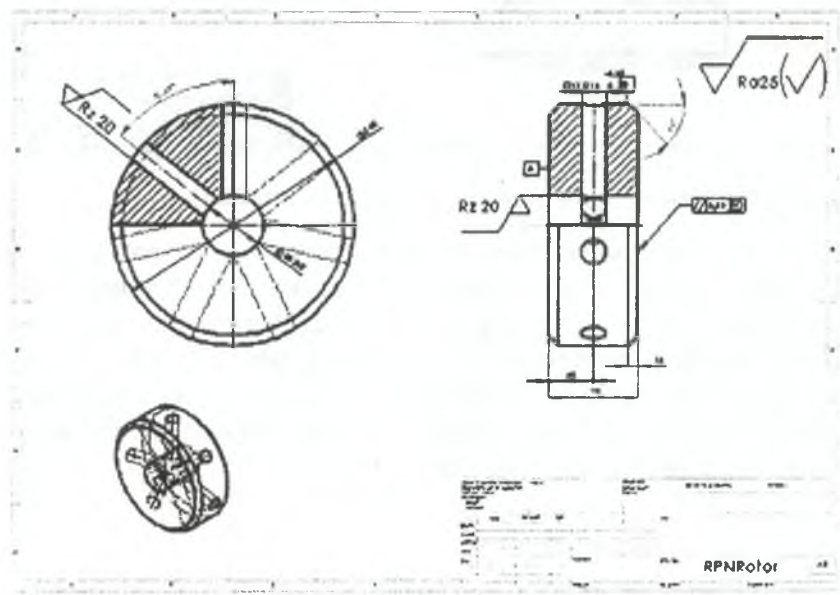


Рис. 5.5. Чертеж ротора радиально-поршневого насоса

как наиболее доступных и широко употребляемых. Чтобы снять разногласия с требованиями ЕСКД в 1988 г был принят ГОСТ 2004 — 88, на основании которого для оформления чертежей с использованием компьютера могут быть использованы любые удобочитаемые неспецифические шрифты.

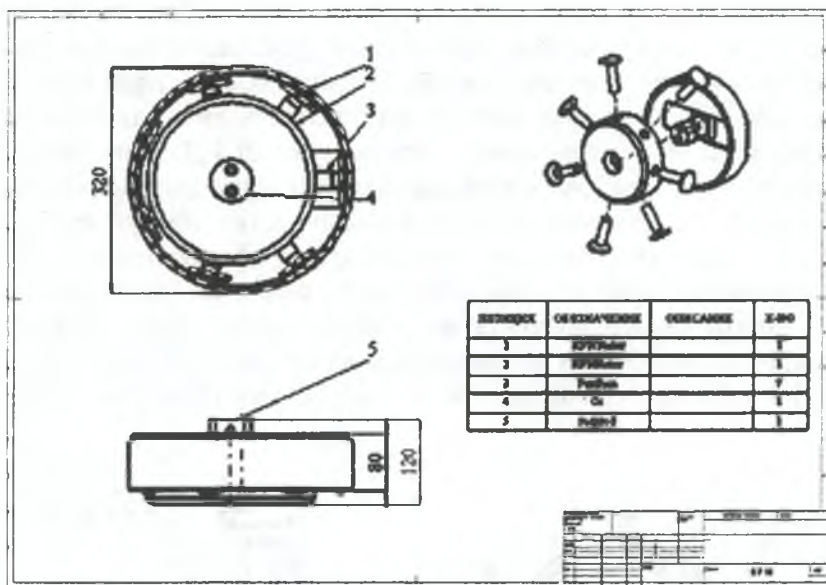


Рис. 5.6. Сборочный чертеж роторного радиально-поршневого насоса.

На рис. 5.6 показан сборочный чертеж роторного радиально-поршневого насоса с упрощенной спецификацией. Позиции объектов проставляются на чертеже автоматически, пользователь только выбирает способ их компоновки на чертеже. По умолчанию номера позиций присваиваются объектам в порядке добавления их в сборку. Спецификация формируется автоматически и может быть отредактирована вручную.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников. — М.: Мир, 1968.
2. Дж.К. Джонс. Методы проектирования. — М.: Мир, 1986.
3. Инженерная психология в применении к проектированию оборудования. П./р. Ломова Б.Ф., Петрова В.И. — М.: Машиностроение, 1971.
4. Орлов П.И. Основы конструирования. — М.: Машиностроение, 1988.
5. Половинкин А.И. Основы технического творчества. — М.: Машиностроение, 1988.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1	
ГОРНЫЕ МАШИНЫ И РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	7
1.1. Краткая характеристика состояния развития комплексной механизации подземных выемочных работ	9
1.2. Техника и закономерности ее развития.....	11
1.3. Что такое проектирование?	14
1.4. Проектирование как трехступенчатый процесс.....	17
1.5. От традиционных методов проектирования к современным.....	18
Глава 2	
НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	21
2.1. Стратегия проектирования	23
2.2. Методы активизации творчества в проектировании	25
2.3. Порядок разработки и постановки на производство горных машин и оборудования	29
Глава 3	
МЕТОДЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ МАШИН НА БАЗЕ УНИФИКАЦИИ	33
3.1. Секционирование	35
3.2. Метод изменения линейных размеров.....	36
3.3. Метод базового агрегата.....	39
3.4. Метод конвертирования.....	41
3.5. Метод параллельного совмещения (компаундирование).....	41
3.6. Метод модифицирования.....	45
3.7. Агрегатирование.....	45
3.8. Метод комплексной нормализации.....	48
3.9. Унифицированные ряды	49
3.10. Стандартизация типов и основных параметров машин и оборудования.....	51
3.11. Уровни унификации	57

Глава 4

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН	59
4.1. Общие правила конструирования	61
4.2. Ряды предпочтительных чисел в конструировании	66
4.3. Методика конструирования	68
4.4. Где рассматриваются вопросы совместимости человека и машины?	81

Глава 5

РОЛЬ КОМПЬЮТЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	85
5.1. Развитие технологий САПР	87
5.2. Параметрическое проектирование в среде Solid Works	94
5.3. Формирование деталей	95
5.4. Формирование сборок	97
5.5. Создание чертежей	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	103

ГОРНОЕ



МАШИНОСТРОЕНИЕ

Александр Евгеньевич **Кривенко**

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Режим выпуска «стандартный»

Выпущено в авторской редакции

Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета Э. Ф. Губницкая

Дизайн серии Е. Б. Капралова

Зав. производством Н. Д. Уробишкина

Полиграфическое производство Л. Н. Файнгор

Подписано в печать 04.02.2009. Формат 60×90/16.

Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Times».

Печать трафаретная на цифровом дупликаторе.

Усл. печ. л. 7,0. Допечатка тиража 150 экз. Заказ 2050

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 062809. Код издательства 5X7(03)

Оригинал-макет подготовлен ООО «Горная книга»

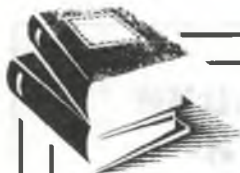
Отпечатано в типографии Издательства

Московского государственного

горного университета



119991 Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 6,
издательство «Горная книга», Издательство МГГУ;
тел. (495) 236-97-80; факс (495) 956-90-40;
тел./факс (495) 737-32-65



К ♦ Н ♦ И ♦ Г ♦ И

ИЗДАТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА
И ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»

можно приобрести:

- ◆ в кioskе Издательства МГГУ (м. «Октябрьская»-кольцевая, Ленинский просп., 6, главный корпус, 2-й этаж);
- ◆ заказать через систему «Книга—почтой»; заказы в произвольной форме направлять по адресу:

**119991 Москва, ГСП-1, Ленинский
проспект, 6, Издательство МГГУ;**

- ◆ заказать по телефонам: (495) 236-97-80,
(495) 737-32-65;
- ◆ заказать по факсам: (495) 956-90-40,
(495) 737-32-65;
- ◆ через e-mail: info@gornaya-kniga.ru

Распространение книг осуществляют
Издательство МГГУ, издательство «Горная книга»
и ООО «Горкниготорг»

Подробная информация размещена в Интернете
на сайте www.gornaya-kniga.ru

СТРУКТУРА АССОЦИАЦИИ «МИР ГОРНОЙ КНИГИ»



ГИАБ является ведущим научно-практическим журналом в области горных наук, геологии, экономики добывающих отраслей, высшего горного образования и смежных наук

ГОРНЫЙ

Индекс Роспечати 46-466
Индекс Прессы России 20983

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ (ГИАБ)

ГИАБ внесен в список периодических научных изданий, рекомендуемых ВАК Минобразования и науки России для публикации научных работ соискателей ученой степени доктора наук

Публикуемые в ГИАБ материалы содержат:

- ◆ статьи ученых высшей школы, НИИ, зарубежных специалистов, руководителей горных предприятий и инженеров;
- ◆ полные тексты докладов ученых на симпозиумах, конференциях, совещаниях;
- ◆ обзоры по защищенным диссертациям в области горного дела и смежных наук;
- ◆ аннотации и рецензии на новые книги в области горного дела;
- ◆ публицистические, исторические и литературные материалы.

ГИАБ освещает работу семинаров ежегодного симпозиума «Неделя горняка».

Периодичность издания 12 номеров в год. Объем каждого номера 424 страницы.

С 2004 г. ГИАБ выпускается в книжном формате, в твердом переплете.

Распространение ГИАБ — преимущественно по подписке.

Возможен предварительный заказ отдельных номеров ГИАБ, выпускаемых в текущем году, а также заказ номеров прошлых лет (с 1992 г.).

По заявкам организаций издаются тематические и региональные выпуски ГИАБ, препринты (брошюры), являющиеся официальным приложением к бюллетеню.

*Подписку и продажу отдельных номеров осуществляет
Издательство МГГУ*



*Заявки с обратным адресом направляйте по адресу:
119991 Москва,
ГСП-1, Ленинский пр., д. 6,
Издательство МГГУ*

По вопросам подписки, получения экземпляров ГИАБ и издания отдельных выпусков можно также обращаться по телефонам (495) 236-97-80, 737-32-65; по факсу (495) 956-90-40 или по e-mail: info@gornaya-kniga.ru



работает

*Справка
о депонировании
выдается в течение
суток*

*Депонирование
рукописей —
удобный и быстрый
вид публикаций*

*Зав.
депозитарием —
Тариса Алексеевна
Руденко*

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ДЕПОЗИТАРИЙ

Депонированные рукописи приравниваются государственными организациями (ВАК, Министерством образования и науки РФ и др.) к открытым публикациям

К депонированию принимают рукописи по всем аспектам горного дела и смежным дисциплинам

Депозитарий принимает к опубликованию работы, которые по каким-либо причинам не могут быть напечатаны в журналах и сборниках

По вопросам депонирования обращайтесь в Издательство МГГУ

119991 Москва, ГСП-1,
Ленинский пр-т, 6, Издательство МГГУ.
Телефон: (495) 236-97-80.
E-mail: info@gornaya-kniga.ru.
www.gornaya-kniga.ru.