

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Оренбургский государственный университет

Ш.Г. НАСЫРОВ

КОНСТРУИРОВАНИЕ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальностям 151001 «Технология машиностроения», 050501 «Профессиональное обучение»

Оренбург 2008

УДК 621.9.06 (075.8)

ББК 34.42 я 73

Н 32

Рецензент

доктор технических наук, профессор А. И. Сердюк

Насыров Ш.Г.

Н 32

Конструирование станочных приспособлений: учебное пособие/ Ш.Г. Насыров - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008 – 164 с.

ISBN

При конструировании станочных приспособлений наиболее сложным является этап изыскания принципиальной схемы, наиболее полно обеспечивающей выполнение приспособлением служебного назначения.

Опыт показывает, что именно стадия разработки принципов работы станочных приспособлений вызывает наибольшую трудность при курсовом и дипломном проектировании. Причина в многовариантности возможных технологических решений (схем и методов обработки) и разнообразии конструкций приспособлений, используемых при решении различных технологических задач.

С особенностями процесса проектирования, с методами интенсификации индивидуальных способностей и умственной деятельности, с принципами разработки конструкций станочных приспособлений знакомит данное пособие.

Учебное пособие предназначено для студентов при изучении дисциплин «Проектирование приспособлений», «Проектирование технологической оснастки» «Технологическая оснастка», обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки дипломированных специалистов:

–151000 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств»– специальность 151001 «Технология машиностроения»;

– 050501 «Профессиональное обучение»

H 2705020000

ББК 34.42 я 73

ISBN

©Насыров Ш.Г. 2008

© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	10
1 Конструирование – разработка новых технических устройств.....	11
1.1 Последовательность этапов конструирования.....	15
1.2 Особенности объекта проектирования.....	20
1.3 Морфологический анализ.....	25
1.4 Структуры и связи элементов в простейших устройствах.....	31
1.5 Краткий обзор методов поиска новых технических решений	33
1.5.1 Эвристический алгоритм поиска новых технических решений.....	37
1.5.2 Анализ и оценка особенностей конструирования	39
2 Общие вопросы конструирования.....	41
2.1 Основные этапы конструирования.....	41
2.2 Объект и содержание конструкторской разработки.....	41
2.3 Уровни конструкторского решения.....	42
2.4 Последовательность конструирования.....	44
2.5 Конструирование в полном объеме.....	45
2.6 Абстрактная функциональная схема.....	45
3 Приспособление как объект конструирования.....	47
3.1 Функциональная задача приспособления.....	48
3.2 Ограничительные условия.....	48
3.3 Эволюция приспособлений.....	49
3.4 Принципиальная схема.....	50
3.4.1 Обеспечения размерной связи детали системой СПИД.....	51
3.4.2 Основной принцип базирования (базирование по скрытым базам).....	52
3.4.3 Реализация схемы базирования	53
3.4.4 Принципиальная схема	55
3.5 Базирование и установка режущего инструмента.....	56
3.6 Разработка принципиальной схемы силового механизма. Выбор привода.....	59
3.6.1 Вариации формы «первоэлементов» механизма трансмиссии.....	59
3.6.2 Выбор элемента механизма передачи.....	60
3.6.3 Выбор привода.....	63
4 Новизна технических решений при конструировании приспособлений и их патентная защита.....	64
4.1 Функциональные задачи при конструировании приспособлений	64
4.2 Ядро решения конструкторской задачи.....	66
4.3 Метод выявления предмета патентной защиты в устройстве.....	67
4.3.1 Изложение (редакция) формулы изобретения.....	69
5 Методы разработки чертежа общего вида.....	70
5.1 Установка заготовки в приспособлении.....	70
5.1.1 Установка заготовки по явным базам.....	72
5.1.2 Базирование и установка заготовки по скрытым базам.....	73
5.1.3 Комплект скрытых баз.....	74
5.1.4 Связь скрытых баз с явными.....	74
5.1.5 Реализация скрытого базирования.....	76

5.1.6	Установка по скрытым базам.....	77
5.1.7	Установка заготовки по сочетанию скрытых баз с явными.....	80
5.2	Расчет усилия зажима.....	81
5.3	Точность установки заготовки в приспособлении.....	86
6	Конструирование приспособлений для установки заготовок или инструмента.....	93
6.1	Конструирование нашпindelных приспособлений.....	93
6.1.1	Координатная схема системы «Ш-П-З» и «Ш-П-И».....	94
6.1.2	Функциональная и принципиальная схема нашпindelных приспособлений.....	95
6.1.3	Разработка чертежа общего вида.....	99
6.1.4	Базовые конструкции нашпindelных приспособлений.....	104
6.2	Конструирование настольных приспособлений.....	112
6.2.1	Координатная схема системы «С-П-З».....	113
6.2.2	Функциональная и принципиальная схемы настольного приспособления.....	114
6.2.3	Разработка чертежа общего вида.....	118
6.2.4	Базовые настольные приспособления.....	121
6.2.5	Конструирование кондукторов.....	124
6.2.6	Координатная схема кондуктора.....	125
6.2.7	Разработка функциональной и принципиальной схем.....	126
6.2.8	Разработка кинематической схемы.....	129
6.2.9	Разработка чертежа общего вида.....	130
6.2.10	Базовые конструкции кондукторов.....	133
7	Приспособления, расширяющие технологические возможности (ПРВ).....	136
7.1	Конструирование нашпindelных приспособлений ПРВШ.....	136
7.2	Конструирование настольных приспособлений ПРВ.....	140
7.3	Конструирование кондукторов ПРВ.....	141
8	Конструирование приспособлений из стандартных элементов.....	144
8.1	Использование информационно-поисковой системы (ИПС).....	146
8.2	Техоснастка (приспособления) многократного использования.....	147
9	Конструирование автоматизированных приспособлений.....	149
9.1	Разработка функциональной и принципиальной схем.....	150
9.2	Проектирование приспособлений для автоматических линий.....	153
9.2.1	Конструирование стационарных приспособлений.....	154
10	Проектирование приспособлений для станков с ЧПУ и роботизированных комплексов.....	157
10.1	Приспособления для станков с ЧПУ.....	157
10.2	Приспособление для роботизированных технологических систем....	159
10.2.1	Причины нарушения базирования при закреплении.....	160
10.2.2	Приспособления для станков роботизированных систем.....	162
11	Унификация и стандартизация приспособлений и их конструктивных элементов.....	166
12	Список литературы, рекомендуемой для изучения эвристики.....	168
	Заключение.....	169
	Список использованных источников.....	170

Введение

Станочные приспособления являются основным видом технологической оснастки. Решение задач совершенствования производства, связано с необходимостью проектирования и внедрения новых прогрессивных конструкций станочных приспособлений, интенсификацией их использования. Станочные приспособления являются эффективным средством повышения производительности труда и качества изделий, снижения себестоимости, повышения безопасности труда рабочих. Как всякое техническое устройство своим рождением обязано творческому мышлению конструктора.

Конструкторская подготовка студента, умение результативно творчески мыслить, умение пользоваться имеющейся информацией является одной из первостепенных задач обучения будущих инженеров, владеющих искусством разработки принципиально новых технических решений.

Самой древней наукой изыскания новых технических решений является *эвристика* – наука о решении творческих задач. Некоторые сведения этой науки приведены в пособии. Для желающих глубже ознакомиться с эвристикой, рекомендуем обратиться к изданиям, приведенным в списке рекомендованной литературы. Опыт показывает, что при конструировании станочных приспособлений наиболее сложным является этап изыскания принципиальной схемы, наиболее полно обеспечивающей выполнение приспособлением служебного назначения. Именно эта стадия является творческим предопределением будущей конструкции. Дальнейшая разработка чертежей конструкции на основе найденной принципиальной схемы носит больше исполнительский, чем творческий характер.

Попытки найти известные технические решения, позволяющие решить технологическую задачу, в большинстве случаев, становится сложной проблемой, т.к. не сформированы требования к будущему приспособлению, неизвестны возможные направления поиска таких решений, не определены возможные конфигурации прототипов. Причина в многовариантности возможных технологических решений (схем и методов обработки), в разнообразии конструкций приспособлений, используемых при решении различных технологических задач, но область поиска приемлемых решений ограничена.

Умение найти оптимальное решение в такой ситуации приходит с опытом. Известно, что существует предрасположенность, склонность к конструкторской деятельности, но также известно, что освоить и достаточно успешно решать конструкторские задачи может практически любой человек. Кропотливое изучение документации (чертежей, схем) приспособлений с целью понять: «Как оно работает?», «Почему принято то или иное решение?» позволяет настроить ум на понимание и освоение принципов конструирования.

В пособии использованы работы А.В. Еремина [7,8], материалы публикаций других авторов позволяющие разбудить «конструкторский дух» и внушить уверенность при разработке приспособлений.

1 Конструирование – разработка новых технических устройств

Конструирование представляет собой одну из эмпирико-интуитивных форм творческой деятельности, плохо поддающихся изучению, формализации и алгоритмизации. Конкретные методы конструирования всегда индивидуальны, поэтому очень трудно формулировать однозначные рецепты по их применению [9].

Конструирование, прежде всего, мыслительный сложный процесс, состоящий из множества не всегда осознанных этапов [2]. Основные положения процесса конструирования рассмотрены в этом пособии. Исследователи этого феномена по-разному представляют содержание и последовательность этих этапов, пытаясь выявить условия эффективного конструирования и требования к организации процесса конструирования.

Вот некоторые определения и формулировки и определения сущности процесса проектирования, великих конструкторов и исследователей процесса конструирования [8]:

- «отыскание существенных компонентов какой-либо физической структуры» (Александр);
- «целенаправленная деятельность по решению задач» (Арчер);
- «принятие решений в условиях неопределенности с тяжелыми последствиями в случае ошибки» (Азимов);
- «моделирование предполагаемых действий до их осуществления, повторяемое до тех пор, пока не появится полная уверенность в конечном результате» (Букер);
- «определяющий фактор для тех частей изделия, которые вступают в контакт с людьми» (Фарр);
- «техническое конструирование – это использование научных принципов, технической информации и воображения для определения механической структуры машины или системы, предназначенной для выполнения заранее заданных функций с наибольшей экономичностью и эффективностью» (Филден);
- «приведение изделия в соответствие с обстановкой при максимальном учете всех требований» (Грегори);
- «осуществление очень сложного акта интуиции» (Джонс) [6];
- «оптимальное удовлетворение суммы истинных потребностей при определенном комплексе условий» (Мэтчетт);
- «вдохновенный прыжок от фактов настоящего к возможностям будущего» (Пейдж);

- «творческая деятельность, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало» (Ризуик);
- «это процесс, который кладет начало изменениям в искусственной среде».

Цель проектировщика заключается в том, чтобы разработать чертежи, которые должны получить одобрение клиента и дать необходимые указания изготовителю [7].

1) Очень часто человек, стоящий на пороге оригинального решения, в течение длительного периода, как кажется, только впитывает информацию, сравнительно бесплодно работает над, казалось бы, тривиальными задачами, увлекается посторонними делами. Этот период известен как «вынашивание идеи».

2) Решение трудной задачи или возникновение оригинальной идеи зачастую происходит совершенно неожиданно («озарение») и носит характер резкого изменения формулировки задач (смены «установки»). В результате такой трансформации сложная задача нередко становится простой.

3) Врагами оригинальности являются негибкость мышления и склонность принимать желаемое за действительное. Эти свойства проявляются в том, что человек ведет себя гораздо более «упорядоченно», чем того требует ситуация, или же неспособен заметить факторы внешней среды, которые воспрепятствуют осуществлению его идей.

Из этих наблюдений о характере творческого мышления и из сделанных ранее замечаний о роли чертежа мы можем прийти к выводу, что основной метод решения сложных задач заключается в их преобразовании в более простые.

Немногочисленная, но авторитетная группа теоретиков проектирования, в первую очередь Осборн Гордон, Мэтчетт и Бродбент [7], считает, что самая важная часть процесса проектирования совершается в голове проектировщика, в определенной мере даже в области, неподотчетной сознанию.

Проектирование включает в себя три основные стадии: анализ, синтез и оценку. Простыми словами эти три стадии можно определить соответственно как «расчленение задачи на части», «соединение частей по-новому» и «изучение последствий от практического внедрения нового устройства». Обычно эти стадии повторяются многократно.

Эти три стадии в теории принятия решений называют дивергенцией, трансформацией и конвергенцией.

Д и в е р г е н ц и я . Этот термин обозначает расширение границ проектной ситуации с целью обеспечения достаточно обширного – и достаточно плодотворного пространства для поиска решения.

Т р а н с ф о р м а ц и я . Это стадия создания принципов и концепций, пора высокого творчества, вдохновенных догадок и озарений – всего, что составляет радость творческого труда при проектировании. Это

самая ответственная стадия, когда совершаются крупные ошибки, когда могут восторжествовать необузданный оптимизм или узость мышления, когда необходимы большой опыт и здравомыслие, чтобы не огорчить мир дорогостоящими и бесполезными – или даже вредными – результатами больших, но неверно направленных затрат человеческого труда.

К о н в е р г е н ц и я . Последняя из трех стадий охватывает то, что при традиционном подходе занимало почти все время проектирования, но что по мере автоматизации проектирования постепенно стали игнорировать, Эта стадия наступает тогда, когда задача определена, переменные найдены, а цели установлены. Теперь проектировщику необходимо шаг за шагом разрешать второстепенные противоречия до тех пор, пока из многих возможных альтернативных конструкций не останется одна – окончательное решение, которое и получит “путевку в жизнь”.

Цель конвергенции – сократить поле возможных вариантов до единственного избранного проекта с минимальными затратами времени и средств и без необходимости совершать непредвиденные отступления. Этот аспект проектирования, который поддается логическому анализу и который, по крайней мере, в некоторых случаях может выполняться компьютером. Сомнения сводятся к тому, что логическое описание путей, которые в прошлом привели к нужному решению, может оказаться несостоятельным при повторном использовании.

Главным результатом исследования методов проектирования является объективизация процессов мышления «традиционного» проектировщика, которые он держит “при себе” и классификация мыслительных процессов на три категории:

- интуитивное мышление («черный ящик»);
- логическое мышление («прозрачный ящик»);
- металогическое или процедурное мышление («мысли о мыслях»).

Первостепенной задачей является разработка технически грамотной концепции машины или устройства на исходных этапах конструирования [9].

Разработка концепции (т.е. замысла машины) в значительной степени определяет успех предприятия в целом. На этом этапе нужно иметь минимум ограничений, например, не связывать себя возможностью изготовления и др. Самое трудное в любом творческом процессе - это преодоление сложностей поиска варианта в обширном пространстве с неограниченным числом комбинаций отдельных решений. Пространство, в котором приходится вести поиск новых решений, слишком велико, чтобы получить нужный результат без использования методических приемов, облегчающих этот поиск.

Этапы и методы разработки концепции:

1 Описание потребностей (потребитель, объем производства, шансы на успех реализации и др.).

2 Подробное описание технологического процесса использования:

- для оборудования - режимы резания, базирование, припуски,

условия безопасности, объем выпуска, точность и т.д.;

- для других машин - условия функционирования, время и место использования, нагрузки, возможные неучтенные ситуации и др.

3 Выделение главных моментов, отражающих специфику работы машины.

4 Разработка технического задания на достаточно общем уровне (не свод правил и требований, а наиболее важные стороны).

5 Обзор и анализ научной и технической информации (в том числе патентные исследования).

6 Составление перечня всех возникающих идей.

На этом этапе нужно относиться без предубеждения к замечаниям и попытаться восполнить недостающую информацию.

Объективация и классификация привели к возникновению набора методов, каждый из которых касается лишь одного аспекта того, что при традиционном проектировании составляло единый и не поддающийся объяснению процесс (не следует забывать – процесс в высшей степени эффективный на уровне проектирования изделий).

Объективация и классификация призваны раскрыть методы мышления проектировщиков и использовать их для восприятия огромного количества новых фактов и идей, которые крайне важны для проектирования на уровне систем. Эти знания в полном объеме не могут содержаться в индивидуальном опыте какого-либо одного, даже самого талантливого, проектировщика.

Вместе с тем, методология проектирования, упускает из виду разрушительное действие, которое оказывает такое расчленение на способность проектировщика (или бригады проектировщиков) сохранять контроль над ходом работ по проекту в целом. И особенно на жизненно важной, но загадочной стадии трансформации, от которой в наибольшей степени зависит успех или неудача новаторской деятельности.

С позиции исследователей творческой деятельности работа проектировщика представляется то как «черный ящик», на выходе из которого возникает озарение, то как «прозрачный ящик», в котором происходит логический процесс, до конца поддающийся объяснению. С этих различных позиций и разрабатываются методы проектирования, которые можно условно разделить на алгоритмические и эвристические.

К *алгоритмическим методам проектирования* [9] относится разработка логических и математических алгоритмов, которые можно определить как последовательность указаний, касающихся процедур решения задач, например морфологический анализ. Алгоритмические методы наиболее успешно используются при разработке концепции и при оптимизации конструкций.

Следует отметить, что практика подтвердила высокую эффективность новых методов в применении к стабильным и ограниченными определенными рамками ситуациям проектирования, упорядоченным задачам проектирования

не связанным с новаторством на уровне систем. В таких проектах, как программа пилотируемых космических полетов, система телевидения с ретрансляцией через спутник, проектирование химических заводов и разработка телефонных систем, достигнуты замечательные результаты, которые были бы не мыслимы без объективирования мышления проектировщика. К сожалению, эти хорошо упорядоченные задачи проектирования существенно отличаются от неупорядоченных ситуаций, с которыми приходится иметь дело многим проектировщикам.

1.1 Последовательность этапов конструирования

Схемы разделения процесса традиционного (не системного) конструирования на этапы, предлагаемые разными авторами, приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Последовательность этапов конструирования [7,8]

	Х.Логман	Ф.Ханзен	Дж.Диксон	Г.Альтшуллер[2]	Мюллер и Кох
1	Анализ содержания предмета	Задание	Уяснение цели	Выбор задачи	Данные задачи
2		↓	↓	↓	↓
3		Основной принцип	Выбор пути решения	Уточнение условий задачи	Уточнение задачи
		↓	↓	↓	↓ Составление плана операций
4	Идея и план решения	Рабочий принцип	Формирование идеи	Аналитическая стадия	Мыслительный процесс
	↓	↓	↓	↓	↓
5	Выбор правильного решения	Анализ ошибок	Инженерный анализ	Предварительная оценка идеи	Составление рабочего плана
	↓	↓	↓	↓	↓
6	Испытание	Выбор лучшего принципа	Конкретизация решения	Оперативная стадия	Использование рабочего плана
	↓	↓	↓	↓	↓
7	Проверка	Сравнительная оценка	Производство	Синтетическая стадия	Формулирование результатов
		↓	↓		↓
8		Выбор оптимального решения	Распределение, сбыт и использование		Результаты в виде документации и методического опыта

Четвертый этап, этап изыскания идеи решения во всех приведенных авторских схемах является главным. Обучение разработке творческих решений чрезвычайно сложный процесс. Создание методики такого обучения представляет отдельную проблему, поскольку процесс конструирования на этом этапе является наиболее трудным, наименее изученным, но наиболее нужным и важным.

Известны [2,3,5,7] психологические приемы поиска новых технических решений, повышающих продуктивность процесса творческого мышления при изыскании новой идеи решения технических задач при конструировании.

Одним из наиболее часто употребляемых методов, является поиск технических решений методом проб и ошибок: «Попробуем так. Если ошиблись, попробуем так...» И так до нахождения решения или отказа от него. Здесь главное психологическое качество изыскания - терпение. Хотя терпение необходимое качество всякой конструкторской деятельности. Известна крылатая фраза: «Для того чтобы творить, нужно один процент гения и девяносто девять процентов терпения». Эффективность использования эвристики при разработке технических устройств невысокая.

Для уменьшения числа ошибок при принятии решений на ранней стадии проводят опытные работы для проверки идеи, разрабатывают варианты, при этом особое внимание уделяют «сомнительным» местам [9].

Что мешает творчеству?

Это прежде всего [9]:

- 1) отсутствие гибкости мышления (например, скрепку можно использовать и для подвешивания ватмана, и как дырокол);
- 2) сила привычки (новые проблемы решаются старыми методами);
- 3) узкопрактический подход (вместо всестороннего обдумывания, фантазирования конструктор берется сразу за решение задачи);
- 4) чрезмерная специализация (очень важно расширять свои знания в различных областях);
- 5) боязнь критики (пусть Вас не обескураживают такие заявления, как «это не будет работать», «это чушь» и др.);
- 6) влияние авторитетов.

Исторически развитие и совершенствование техники происходило благодаря личностям, обладавшим изобретательскими качествами. Этот факт заставил изучать феномен изобретательства. Поиск новых принципиальных решений часто называется изобретательством [2]. Психологи попытались найти связь «способности к творчеству» с личными качествами изобретателей. Такие связи выявлены. Личности, которые по шкале «рассудочность – восприимчивость» относятся к более восприимчивым, более склонными к изобретательству. Кроме того люди с интуитивным восприятием более склонны к изобретательству, чем люди с осознанным восприятием. Однако тесты показали отсутствие статистически значимой зависимости между коэффициентом умственного развития и изобретатель-

ностью [6].

Методы исследований связей личных качеств с изобретательностью человека дали определенный результат: они показали способ повышения результативности изобретательства путем приобретения необходимых личных качеств с помощью тренировки собственной психологии.

Основная трудность творческого процесса конструирования, как отмечает Бушуев [9] - это восприятие всей проблемы сразу. Нужно видеть будущие трудности при том или другом варианте как конструктивного плана (размещении, герметизации, подводе питания и др.), так и технологического (возможности изготовления, сборки, условия ремонта и др.). Безусловно, увидеть проблему «целиком» до мелочей не дано никому, но выделить главные звенья уже на ранней стадии хорошему конструктору, как правило, удается. Принимать решения на ранней стадии всегда приходится при дефиците информации, поэтому часто опыт и интуицию нельзя заменить знаниями.

Изыскание конструкции – процесс мыслительный. Конструктор должен обладать соответствующими психологическими качествами, которые приобретаются путем тренировки мыслительных процессов. Тренировка должна быть систематической, последовательной и упорной в результате творческо-мыслительные способности усиливаются.

Мешают развитию творческого мышления, а значит, и результативности поиска новых идей два качества: психологический барьер и психологическая инерция.

Психологический барьер – страх неизвестного, нерешительность к действию, результат которого не известен. Психологический барьер [8] результат восприятия утверждений «авторитетов» и неверие в собственные силы. К сожалению, бытует мнение, что конструированию нельзя научиться, а можно лишь натренировать «врожденные» способности [2,7]. Кроме того, многие научные утверждения сводятся к тому, что наука сложна, и что в отдельных вопросах больше искать нечего и незачем «ходить» за расставленные границы.

Психологическая инерция – предрасположенность к какому-либо конкретному методу или образу мышления при решении задачи, привычка «идти по проторенной дорожке». Психологическую инерцию считают [7,8] следствием обучения, где навязывается образ и направление процесса мышления. Люди в большей мере стремятся узнать те факты, которые подтверждают их мнение, а не те, которые противоречат их убеждениям.

Чтобы успешно заниматься творческой деятельностью, инженер, равно как и специалист другой области деятельности, в качестве первого шага должен подготовить себя, свою психологию к творческой работе. Он должен быть готов к ней и, прежде всего, должен освободиться от отрицательного влияния психологического барьера и психологической инерции.

Вредное влияние психологического барьера и психологической инерции на процесс творческого мышления при поиске новых технических

идей, технических решений можно преодолеть путем тренировки и, просто помня о них.

Для преодоления психологического барьера при поиске новых технических идей применяют психологические приемы.

1) Смелость – решительность к действию, которого не знаешь, убежденность в успехе начатого дела. Смелость в любом деле нужна не меньше, чем умение. Недаром народная мудрость гласит: «Смелость города берет». Эйнштейн на вопрос о том, как он открыл теорию относительности, отвечал, что он не знал, что ученые определили черту, за которую не надо переходить в поиске новой идеи, перешагнув этот барьер и открыл теорию относительности.

2) Терпеливое упорство – мобилизация воли для продолжения поиска решения технической задачи до получения конечного результата. Неразрешимых задач нет. Следует убедить себя в том, что труд не пропадет даром и что всякие неудачи – явление временное, что решение есть, его надо только найти и оно будет найдено в неотступном продолжении поиска, как бы он ни был труден и долог.

Профессор Д. Де Боно [8] приводит на этот счет пример с Маркони. Когда тот стал строить мощный радиопередатчик для передачи сигнала на другую сторону планеты (США), его уверяли, что это напрасный труд, так как радиоволны не могут обогнуть земной шар. Его упорство в работе привело к тому, что радиосигнал был принят в США. Это позволило открыть свойство ионосферы отражать радиоволны.

Идея ракетного двигателя К.Э. Циолковского вначале считалась учеными утопической. Но терпеливое упорство в разработке идеи привело к современной космической эпохе.

Любое открытие, нетривиальное решение проходит три стадии принятия окружающим миром, обществом: на первой – «Этого быть не может!», на второй – «В этом что-то есть!», на третьей – «Иначе быть не может! Как же иначе!». Длительность перехода от первого к последнему утверждению весьма продолжительна. Так в любом деле.

При конструировании можно выделить ряд процедур, свойств предметов, определенные действия, которые позволяют понять этот сложный процесс и лучше овладеть им [9]:

- 1) элементарные физические операции, на которые разбиваются сложные процессы в машине;
- 2) физико-технические эффекты и их носители (вещество, энергия и др.);
- 3) систему движений и способы их реализации;
- 4) различные преобразования объектов, т.е. их оформление, изменение числа, параметров и т.п.;
- 5) техническое качество поверхности (твердость, силу адгезии, другие качественные и количественные показатели).

Для преодоления психологической инерции при поиске новых идей применяют следующие психологические приемы.

1 **И н в е р с и я** – это метод сознательного преодоления психологической инерции и поиска новых принципов технических решений. Инверсия предусматривает большое число, вариации подходов (перевернуть, вывернуть наизнанку, поменять местами процессы, перемещения, элементы, раздробить, испарить, сгустить и т. п.) для получения новых идей и принципов решения технической задачи.

Г. Альтшуллер [2] приводит пример решения технической задачи, когда в цилиндрической полости малого диаметра по ее стенкам надо разместить спиральный токонесущий элемент (токопроводник). Привычный подход должен в качестве решения предложить проволочную спираль. Но как ее закрепить, на стенках полости? Одна из вариаций инверсии находит новый подход к решению. На стенки полости наносится токонесущее покрытие и нарезается в ней спираль-резьба. Найдено простое решение задачи.

2 **Э м п а т и я** – это отождествление личности одного человека с личностью другого и проникновение его в чувства другого лица. Эмпатия как способ преодоления психологической инерции при поиске новой идеи решения технической задачи используется в том же смысле, только в качестве «другого лица» выступает разрабатываемый предмет, деталь или процесс. Это дает возможность определить поиск с «их» точки зрения.

Эмпатия требует от изыскателя определенного вхождения в образ разрабатываемой задачи для получения новых идей [2].

Примером применения этого метода является поиск способа очистки от скорлупы грецкого ореха на конвейере [2]. Обычно его разбивали внешним ударом или давлением, что приводило к разрушению ядра и значительным его потерям. Эмпатия подсказала идею разрушать скорлупу изнутри. Техническое решение: сверление отверстия в скорлупе и подача сжатого воздуха внутрь ореха. Скорлупа разрушается, а ядро цело.

3 **А н а л о г и я** – способ решения технических задач, подсказываемый аналогичными ситуациями, встречающимися в других задачах, в других областях деятельности, в природных образованиях, организмах, для получения новых идей.

В качестве одного примера здесь можно назвать принцип всплытия и погружения подводной лодки, основанный на работе пузыря рыбы (бионика); в качестве второго: дисковая фреза – роторный канавокопатель; третий пример: детская игрушка волчок (юла) – гироскоп.

4 **Ф а н т а з и я** – это воображение, связанное с желанием, чтобы произошло то, что хочется. Желаемое достигается размышлением над фантастическими решениями, в которых при необходимости используются нереальные вещи или сверхъестественные процессы. Часто бывает полезно рассмотреть идеальные решения, даже если они сопряжены с некоторой долей фантазии, в надежде, что это может натолкнуть на новую идею или точку зрения и,

в результате, привести к новому реально осуществимому решению. Фантазия здесь выступает как прием преодоления психологической инерции и поиска новых принципиальных решений.

Удачный пример такого приема приводится Г. А. Альтшуллером [2]: необходимо решить, задачу регулирования интенсивности подачи железорудной пульпы (руда в потоке жидкости) по транспортирующему трубопроводу. Металлические задвижки ржавеют и быстро выходят из строя. Труба «по щучьему велению» должна в одном из мест сужаться до нужного (желаемого) сечения, затем возвращаться к исходному состоянию. Техническое решение: на трубе изнутри наращивается или тает лед от кольцевого холодильника. Но этот вариант неэкономичен.

Второе (лучшее) решение. Охватывающий магнит с регулируемым магнитным потоком осаждает на стенке руду до нужного количества. Так регулируется сечение трубопровода.

5 Мозговой штурм [3] – способ сознательного преодоления психологического барьера. Он разработан для устранения препятствий, вызываемых боязнью критики, при генерировании идеи. Его бесспорные правила:

- любая критика и вынесение суждения – благоприятного и неблагоприятного – не допускаются;
- важно количество высказанных идей: чем больше, тем лучше;
- необходимо свободно высказывать мысли: нужны разнообразные идеи.

Суть метода: создается группа людей «мозгового штурма». Каждый из них должен иметь представление о задаче, но не быть специалистом в области, к которой относится данная задача. В течение небольшого времени (20—30 мин, примерно по 1 мин на каждое высказывание) высказываются разные идеи решения задачи, которые записываются. Позднее специалисты дают заключение по высказанным идеям.

Если первый тур привел к уточнению или большей конкретизации задачи, то она в новом виде подвергается «мозговому штурму».

Метод мозгового штурма снижает уровень психологической инерции участников, а в процессе поиска решений участники пользуются всеми приемами преодоления психологической инерции.

1.2 Особенности объекта проектирования

Современное проектирование носит системный характер, что означает согласованный выбор альтернатив между технологическими возможностями, уровнем автоматизации, современными конструкторскими решениями и ценой, гибкостью производства и производительностью и др[9].

При проектировании технических систем и средств рекомендуется иметь в виду следующие обстоятельства[9]:

1) новые технические решения появляются в результате постепенного приближения к цели;

2) разработка проекта идет от общего к частному, а не наоборот. Это обуславливает роль технического задания;

3) получение наиболее рационального решения достигается разработкой максимального числа вариантов и их углубленным анализом;

4) при поиске решения требование правильности функционирования машины преобладает над другими требованиями, например экономическими;

5) конструктивные параметры элементов технических средств диктуются лишь физико-техническими, а не экономическими факторами, поэтому при проектировании необходимо проводить инженерные расчеты;

6) конструирование изделий выполняется с учетом возможности и трудоемкости их изготовления, эксплуатации и ремонта;

7) экономическая оценка конструкции всегда является важным стимулом получения рациональных проектных решений, но может быть сделана не раньше, чем появится вариант, отвечающий требованиям функционирования изделия.

В машиностроении основными материалами являются чугун, сталь и бронза (используется в качестве антифрикционного материала). В последнее время находят более широкое применение композиционные материалы, составленные из двух или более различных по своей природе компонентов, в которых можно реализовать заданные свойства (текстолит, стеклопластики, углепластики, полимербетоны и др.). Их использование открывает конструкторам большие возможности. Здесь не рассматриваются вопросы, связанные с использованием материала, так как это предмет для самостоятельного анализа.

Всякая машина состоит из конструктивных элементов, физически отдельных частей машин. Каждая такая часть включает в себя, в качестве конструктивного элемента, другие части, а сама, как конструктивный элемент, входит в более емкую часть. Машина, таким образом, представляет иерархическую структуру элементов. Системой принято называть совокупность объектов (структурных элементов), связанных между собой единой функцией служебного назначения.

Всякой системе, представляющей собой механическое устройство, чаще всего присущи три основных формы связи конструктивных элементов:

- статическая (размерная);
- кинематическая;
- динамическая.

Статическая связь структурных элементов определяется координатами их расположения в системе – линейными и угловыми.

Размерная связь входного и выходного элементов системы может быть показана в чертеже различно:

- между точками, геометрическими осями или плоскостями симметрии элементов, когда дается размерная связь скрытых конструкторских баз;
- между точкой, геометрической осью или плоскостью симметрии и

реальной поверхностью, когда дается размерная связь между скрытой и явной конструкторской базами;

– между реальными поверхностями, когда задается размерная связь явных баз (ГОСТ 21495-76).

Элементы системы в сборке контактируют реальными поверхностями – явными конструкторскими базами. В каждом стыке контактирует основная конструкторская база (поверхность) последующего звена с вспомогательной базой предыдущего.

В статической системе, которой присуща размерная связь элементов и которая в условиях функционирования выступает как единая целостная система, входным ее звеном надо считать основную базу, а выходным – вспомогательную. Их размерная связь, в конечном счете, и определяет размерную связь системы.

В конструкции машины деталь рассматривается как простейший (неделимый) элемент. Становление ее формы в техпроцессе происходит путем последовательной обработки поверхностей на технологических операциях.

Поверхность – это законченный элемент при изготовлении, элемент контактирования при сборке, элемент изнашивания при эксплуатации и, в конечном счете, элемент - носитель первичной ошибки. Значит, простейшим элементом статической системы надо считать поверхность.

Существует понятие об идеальной статической системе: это система, наилучшим образом соответствующая служебному назначению. В реальных производственных конструкциях к таким системам принято относить те, размерная связь элементов которых соответствует номинальному значению всех размеров, указанных в ее чертеже. Степень приближения к ним называют точностью размерной связи. Точность характеризуется величиной отклонения от номинального размера или расположения.

Под точностью элемента понимается такое соотношение *в размерах, форме и взаиморасположении частей элементов, при котором он наилучшим образом выполняет служебное назначение*. Под геометрической точностью конструктивного элемента-детали или кинематического звена понимается степень его соответствия геометрически правильному прототипу или образцу. Точность при этом характеризуется (оценивается) величиной отклонения (ошибки) от геометрически правильного образца (от теоретического положения) или прототипа.

Поверхность, как простейший элемент статической системы, полностью характеризуется ее размером, формой и шероховатостью, а точность – ее соответствующими отклонениями от номинального значения. Статическая система, к которой относится деталь полностью характеризуется размерами расположения составляющих ее поверхностей. Точность здесь имеет две характеристики:

- одна из них относится к точности расстояния между поверхностями - линейная точность;
- другая - к точности относительной их ориентации – координатная точность.

Кинематическая связь присуща тем системам, конструктивные элементы которых осуществляют относительные перемещения при выполнении служебного назначения. Элементы такой системы представляют собой кинематическую цепь, в которой имеется:

- ведущее (входное) звено;
- промежуточные (преобразующие);
- ведомое, (выходное) звенья.

Перемещение ведущего звена (через промежуточные) передается ведомому в преобразованном виде.

Кинематическая система в каждый момент времени представляет собой статическую систему, в данном текущем положении, как и в нерабочем (статическом) состоянии. Все сказанное о статической системе в этом случае применимо к кинематической системе.

Ошибки в механических системах (в приспособлениях) могут быть минимизированы регулировками, подбором элементов, выверкой приспособления на станке, настройкой станка и другими мероприятиями.

Увеличить точность системы (приспособления) можно только путем перестройки и оптимизации схемы, то есть проектированием и изготовлением другого приспособления, в схеме которого ошибки минимизированы. Таким образом, точность приспособления, в первую очередь, определяется конструкцией приспособления, использованными принципами функционирования. Поэтому при проектировании любого приспособления, реализации поставленной задачи, необходимо в первую очередь разработать принципиальную схему будущей конструкции, представить систему условий и ограничений и исключить все возможные ошибки функционирования и отклонения в реализации поставленной задачи.

Кинематическая система, до разработки ее конструкции, изображается условно в виде кинематической схемы с указанием связи элементов, а динамическая система – в форме силовой схемы с указанием векторов сил.

Связь элементов в статической системе определяется:

- их размерной связью;
- координатами расположения.

Структурные элементы должны быть показаны на схеме условно, но не привязывая изображение к форме и размерам элемента.

Изображение схемы статической системы из элементов строится, приписывая каждому элементу, систему координат.

При оформлении чертежа изображение любого элемента рекомендуется начинать с нанесения его геометрических осей [3]. Эта методика оформления используется для разработки схемы приспособления. Размерная привязка элементов по координатам расположения показывается размерами между осями и точками начала координат.

Эта схема структурных элементов представляет статическую (координатную) систему механизма (станка, приспособления).

Координатные характеристики всех структурных элементов в совокупности являются условным представлением статической системы СПИД.

Каждый составляющий элемент имеет собственную координатную систему. Начала координат расположены на плоскостях стыков элементов. Схема позволяет проводить абстрактный анализ, она необходима для поиска конструкторского решения поставленной задачи. На рисунке 1.1 изображена схема системы СПИД вертикально-фрезерного станка.

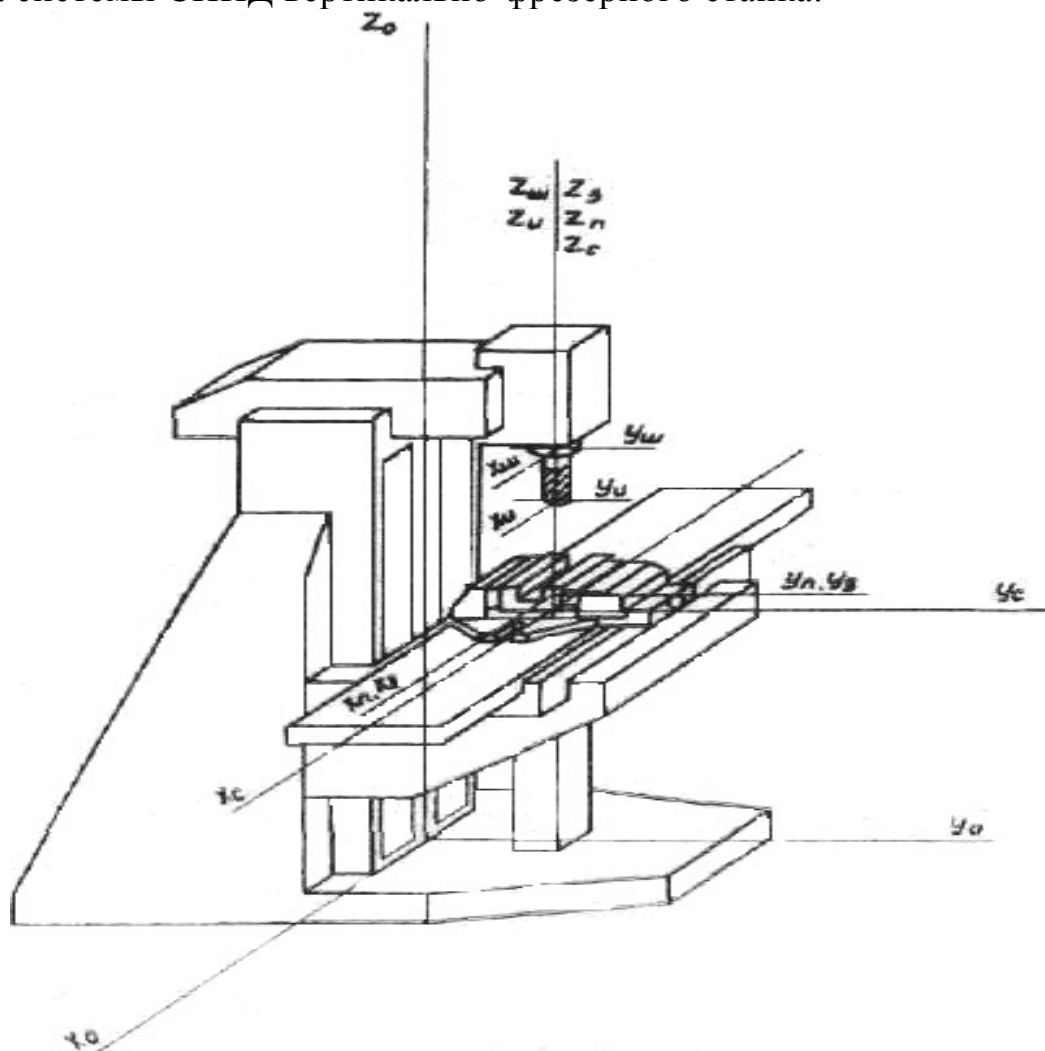


Рисунок 1.1 – Координатные системы элементов системы СПИД

Координатная (статическая) схема СПИД (рисунок 1.1) состоит из координатных систем каждого из составляющих его элементов, кроме

приспособления. Станок представлен двумя координатными системами элементов: несущих инструмент (по шпинделю) и заготовку (по столу).

Точки начала и оси координатных систем элементов СПИД обозначены индексами: Ш – шпиндель, И – инструмент, С – стол (суппорт), З – заготовка. Знаком ∞ обозначена связь (чаще жесткая) соответствующих элементов СПИД. Роль связи в системе выполняют приспособления. Последние сопровождаются индексами, указывающими, какие элементы связывает приспособление: Ш-И – «шпиндель-инструмент», С-З – «стол (суппорт) — заготовка».

Статическая (координатная) схема системы СПИД показана на рисунке 1.2. В ней не указаны ни линейные, ни угловые значения величин координат. Схема, предполагает бесчисленное множество СПИД и по размерам, и по расположению элементов.

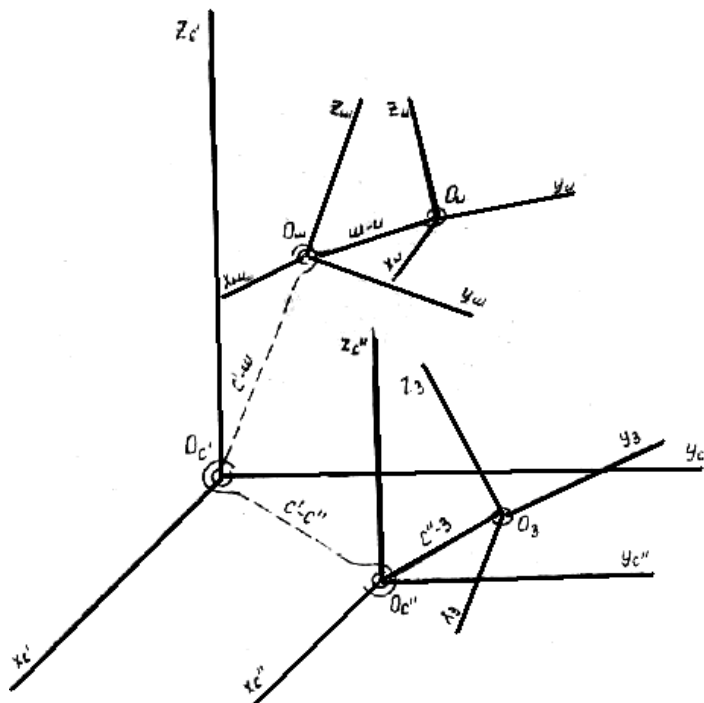


Рисунок 1.2 – Статическая (координатная) схема системы СПИД

1.3 Морфологический анализ

Всякое техническое устройство (машина) включает в свою структуру в качестве необходимых, по крайней мере, три элемента:

- привод;
- передачу;
- рабочий орган.

Для транспортной машины это будут соответственно двигатель, трансмиссия (передача), движитель (ходовая часть). *Ходовая часть* является *рабочим органом* машины: она выполняет служебное назначение транспортной машины. Для оценки эффективности функционирования

машины следует рассматривать эффективность функционирования каждого структурного элемента технического устройства. Системный подход (СП) при поиске конструкторского решения поставленной технической задачи предполагает анализ структуры устройства по отдельным иерархическим уровням и соответствующим им связям.

Однако, следует иметь в виду, что при поиске эффективного конструкторского решения очень важно найти и правильно сформулировать саму задачу поиска, а затем искать оптимальный вариант конструкции, наиболее полно отвечающей служебному назначению. Для этого приходится анализировать все мыслимые варианты сочетания и связи структурных элементов разрабатываемого устройства.

Творческий поиск вариантов может стимулироваться с помощью морфологического анализа, с использованием «матрицы открытия» А. Моля [8] и «морфологического ящика» Ф. Цвикки [8].

Метод морфологического анализа «матрицы открытия» предполагает на первом этапе построение таблицы, например, на схеме (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Квадратная матрица открытия

		Влияющие факторы				
		Приемы	Материалы	Оборудование	Потребности	Рынки
Влияющие факторы	Приемы					
	Материалы					
	Оборудование					
	Потребности					
	Рынки					

Ячейки матрицы образуются от пересечения вертикальных и горизонтальных рядов характеристик разрабатываемого устройства, так и другого объекта, выраженных количественно или качественно. Вариантов матриц много. Формируют квадратные матрицы, образованные пересечением рядов самих с собой; прямоугольные – пересечение двух разных рядов характеристик. Каждая ячейка соответствует разным сочетаниям двух характеристик разрабатываемого объекта.

Метод «матриц открытия» включает следующие основные этапы:

- составление перечня основных элементов, свойств, объектов, фактов, идей и т. п.;
- построение структуры поля анализа (матрицы);
- получение возможных сочетаний характеристик (каждая ячейка таблицы представляет связь двух характеристик);
- рассмотрение всех возможных решений по сочетаниям характеристик и выявление новых допустимых комбинаций;
- анализ выбранных комбинаций и выбор рациональных решений.

Выбранная рациональная комбинация сочетания характеристик по схеме таблицы 1.2, соответствующая какой-то ячейке, может быть развернута в матрицу второго порядка. По ее столбцам и рядам располагаются признаки характеристик ячейки первой матрицы. В матрице второго порядка находится ячейка рационального сочетания признаков рассматриваемого элемента. Так может быть построена (система) – нисходящая иерархия «матриц открытия», которые позволят определить рациональное сочетание характеристик (признаков) иерархии структурных элементов разного порядка сложности изыскиваемого объекта.

А. Моль, автор метода «матриц открытия» [8], считает, что метод является всеобщим, приемлемым во всех областях познания и деятельности. Использование метода применительно к технологической оснастке будет рассмотрено в последующих разделах.

«Морфологический ящик» Цвикки [8], как метод морфологического анализа, заключается в систематизации поиска и выявлении всех мыслимых вариантов сочетаний характеристик изыскиваемого устройства, вытекающих из закономерностей строения (морфологии). Хронологически этот метод разработан Ф. Цвикки раньше (в 1942 г), чем метод «Матрицы открытия» (1955г), но рассматривают их в принятой последовательности, т.к. «морфологический ящик» позволяет анализировать сочетания не по двум, как в «матрице открытия», а сразу по многим характеристикам устройства.

Метод выполняется по этапам:

- раскрываются и записываются все важные характеристики объекта по структуре и связям, от которых зависит решение проблемы;
- раскрываются все возможные варианты исполнения структурных элементов и их связей по каждой характеристике. Каждая характеристика (параметр) P обладает определенным числом (K) различных независимых свойств. Они записываются в строку данной характеристики: $P^1_1, P^2_1, P^3_1 \dots P^n_1$. Под этой строкой записываются параметры второй характеристики и т.д.

Так образуется «морфологический ящик», который в общем виде изображен на схеме (рисунок 1.3).

Затем определяются все возможные (мыслимые) сочетания по одному параметру из каждого ряда. Одно из таких сочетаний составляют параметры характеристик, обведенные на схеме кружками. Они составляют структуру и связи одного из вариантов изыскиваемого устройства.

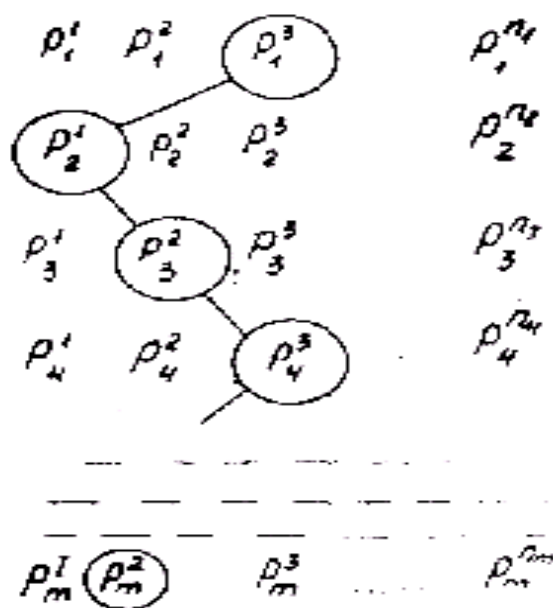


Рисунок 1.3 - Морфологический ящик Ф. Цвикки

Рассмотрим «морфологический ящик» разработки станочного приспособления. Каждый ряд характеризует узлы (агрегаты), а верхние индексы – варианты исполнения.

Например, первый ряд по индексу параметров – P_1 , относится к узлу установки заготовки,

P_2 - второй к передаче,

P_3 - третий – поворотный узел,

P_4 - четвертый – делительный,

...

P_n -ый ряд – привод.

Характеристика, скажем, привода определяется некоторым числом K параметров: P_n^1 – электрический, P_n^3 – гидравлический, ..., P_n^n – электромагнитный.

Так определяется каждая характеристика. В результате получается «морфологический ящик» (рисунок 1.3).

«Морфологический ящик»:

- включает все мыслимые сочетания параметров сложных устройств;
- позволяет определить ценность всех вариантов решений;
- оценить и выбрать наиболее рациональные решения, хотя это является нелегкой задачей.

Пользоваться методом «морфологического ящика» целесообразно при проектировании устройств на этапе поиска компоновочных или схемных решений.

«Функциональный метод проектирования Мэтчетта» – это комплексный эвристический метод технического творчества, в котором одновременно

используются следующие "режимы мышления".

Мышление стратегическими схемами (выработка стратегии и соблюдение стратегии).

Мышление в параллельных плоскостях (проектировщик, с одной стороны, думает, а с другой – наблюдает процесс мышления).

Мышление с нескольких точек зрения (часто оно осуществляется с помощью контрольных вопросов, приведенных ниже).

Мышление "образами" (образы могут быть как идеальными, так и реальными: в виде схем, загадочных, заманчивых рисунков, т. к. в методе особое внимание обращается на положительное влияние эмоции в процессе проектирования).

Мышление с использованием основных элементов. Основные элементы – это слова, которые используются в процессе решения каждой задачи. Мэтчетт назвал их течтэмами, прочитав свою фамилию справа налево.

Течтэмы объединены в семь групп:

- 1) *варианты решений* – определить потребность, определить необходимый элемент, представить себе решение, принять временное решение, принять окончательное решение, отменить решение;
- 2) *варианты суждений* – предположить, взвесить, взвесить и сравнить, экстраполировать, оставить без изменения, предсказать;
- 3) *варианты стратегий* – продолжать в том же направлении, продолжать и расширить, изменить направление, сопоставить с прошлым, сопоставить с будущим, внимательно рассмотреть, разрешить конфликт, продолжать более интенсивно, прекратить;
- 4) *варианты тактик* – оценить риск, проверить последствия, развить, сравнить с другими решениями, разделить действие, приспособить другое решение, сосредоточиться на малом участке, разложить на компоненты, проверить возможную причину, обдумать возможность нового решения, заменить решение на противоположное, проверить другие варианты;
- 5) *варианты отношений* – хранить решение в памяти, выявить зависимость, отсрочить принятие решения, сообщить о решении, соотнести с ранее принятым решением, проверить на избыточность, проверить на несоответствие;
- 6) *варианты понятий* – использовать новое понятие, изменить плоскость абстракции, использовать схему стратегии, изменить точку зрения, сравнить с существующей системой, сравнить с получающейся системой, применить первичное кольцо (см. группу 5 и перечень вопросов, данный ниже), применить вторичное кольцо (см. группу 6 и перечень вопросов, данный ниже);
- 7) *варианты препятствий* – обойти препятствие, разрушить препятствие, устранить препятствие, начать новое действие с нуля,

начать новое действие с принятого решения, действовать в одном, двух, трех или многих измерениях.

"Режимы мышления" предназначены для осознания, контроля и приспособления образа мышления к задачам проектирования. Методом Мэтчетта используется перечень контрольных вопросов:

- 1) какие потребности являются: жизненно важными, очень важными, важными, желательными?
- 2) каковы потребности: функциональной системы, потребителя, фирмы, внешнего мира?
- 3) каковы потребности на каждом из перечисленных ниже 10 этапов существования изделия: проектирование и детализация, обработка, изготовление деталей, сборка, испытание и отладка, окончательная отделка и упаковка, сбыт, монтаж, эксплуатация и использование, тех. обслуживание и уход?
- 4) какие сведения можно получить, если задать 6 основных вопросов анализа трудовых операций: что нужно сделать (потребности), почему это нужно сделать (причина), когда это нужно сделать (время), где это нужно сделать (место), кем или с помощью чего это должно быть сделано (средства), как это сделать (метод)?
- 5) каким образом каждую часть проекта можно: исключить, объединить с другими частями, унифицировать, перенести, модифицировать, упростить?
- 6) какие эффекты, потребности, ограничения вызовет каждая деталь комплекса в отношении любой другой детали этого комплекса?

Очень большое внимание Мэтчетт уделил вопросам самоконтроля и самонастройки на всех этапах процесса проектирования, а также использованию логосинтеза (синтез с помощью разговора). Метод Мэтчетта можно представить как сбалансированную смесь опыта, искусства, психоанализа, "групповой динамики", самовнушения, внушения и некоторой доли мистики.

Эвристические методы проектирования [9]. В основе лежат опыт и способности конструктора. Эвристические методы разрабатываются для стимулирования творчества проектировщика. В них определяющее значение имеют ассоциативные способности, интуитивное мышление и способы управления мышлением. Эти методы представляют собой упорядоченные в какой-то мере общие правила и рекомендации, помогающие решению творческих задач без предварительной оценки результатов. Талантливый конструктор обладает развитой интуицией.

Первой разновидностью интуиции является способность формирования оригинальных конструкторских решений на основе комбинации известных решений между собой с новыми идеями, придающими новые свойства изделию.

Вторая ассоциативная разновидность интуиции - умение распознать и усмотреть в окружающем мире нужную идею, эквивалентную задачу, принцип,

провести связь между, на первый взгляд, несовместимыми вещами, перенести решение задачи из одной сферы в другую.

К третьей, наиболее важной, разновидности интуиции можно отнести способность создавать идеализированные, желаемые образцы, умение представлять себя в роли работающей детали, узла, машины, о также физически ощущать работу машины.

Известны более трех десятков эвристических методов [9]: мозгового штурма; синектики; элементарных вопросов; аналогий; «от целого к частному»; «наводящие операции» и др.. Многие из этих методов использованы при формировании специального фонда эвристических приемов, обеспечивающих преобразование прототипов проектируемых объектов в искомые по техническому заданию [2]. Однако все они страдают односторонностью, например:

анализ естественных природных систем - изучение формы, структур творений природы (оболочковые структуры - труба, соты; стебель соломки - многослойные конструкции);

анализ известных (в том числе из других областей) технических систем; обращение к собственному опыту.

Недостатки эвристического метода связаны со следующими обстоятельствами:

из-за имеющихся традиций и собственной косности затруднена генерация новых решений;

правильная мысль редко рождается в нужное время, так как она не может появиться принудительно.

Часто оба метода (алгоритмический и эвристический) дополняют друг друга и используются совместно.

1.4 Структуры и связи элементов в простейших устройствах

К простейшим механическим устройствам относятся устройства в которых структурный элемент – агрегат, представлен в виде одной детали или небольшой группы деталей, одного кинематического звена или кинематической пары. В этих устройствах наиболее наглядно и четко просматривается форма каждого структурного элемента, их сочетание и функциональная связь. Каждое такое устройство представляет собой систему агрегатов в виде простейших структурных элементов.

Чтобы выявить все мыслимые формы агрегатов, их мыслимые сочетания в устройствах, предназначенных, например, для отрезания или захвата объектов, удобно воспользоваться методом морфологического анализа. Поскольку каждое такого рода устройство состоит только из трех агрегатов (рабочего органа, передачи и привода), то целесообразно построить трехмерный «морфологический ящик». Для этого надо построить обычную прямоугольную систему координат и вдоль каждой из осей последовательно расположить эскизы агрегатов, как это показано на рисунке 1.4:

- вдоль оси X располагаются эскизы рабочих органов,
- вдоль оси Y – эскизы передач,
- вдоль оси Z – эскизы приводов.

Каждый простейших агрегат может иметь разные конфигурации по форме и расположению ограничивающих поверхностей в зависимости от функционального значения. Все формы – и известные, и вновь найденные – вносятся в соответствующий ряд.

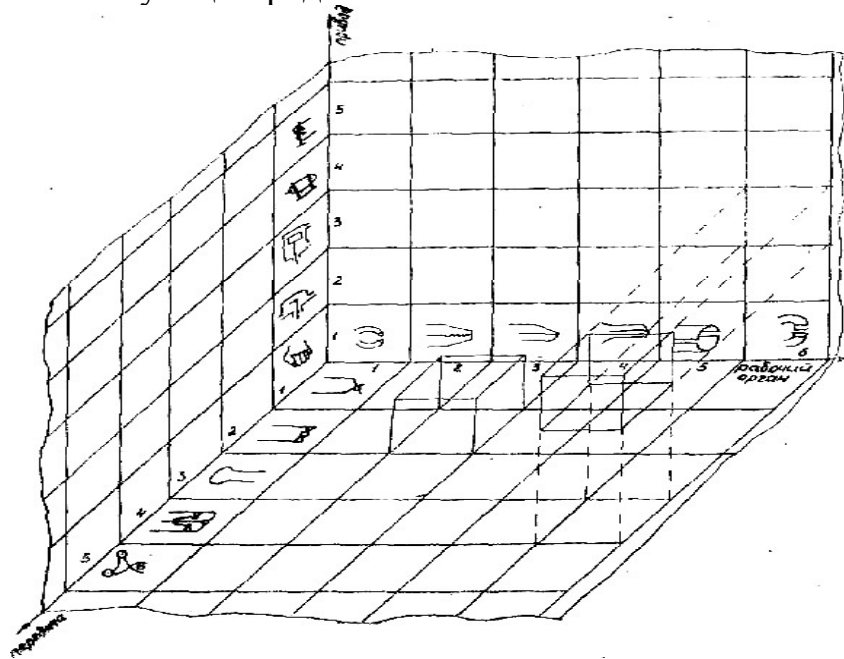


Рисунок 1.4 - Трехмерный морфологический ящик простейших устройств

Возможные варианты сочетаний элементов (агрегатов в устройстве), а значит, и все мыслимые устройства в «морфологическом ящике» представлены ячейками, которые образуются от пересечения параллельных плоскостей, перпендикулярных каждой из осей координат и проходящих через границы эскизов элементов. Каждая такая ячейка соответствует отдельному устройству, а все вместе - возможному разнообразию устройств.

Эскизы агрегатов на рисунке 1.4 пронумерованы последовательно от начала координат по каждой оси. Это позволяет обозначить каждую ячейку тремя цифрами, составляющих сочетание элементов в устройстве, располагая номера в последовательности координат X,Y,Z.

Морфологический анализ в виде трехмерного ящика систематизирует процесс изыскания устройства, делает его наглядным и конкретным. Однако область применения ограничивается для изделий имеющих незначительное число деталей или узлов (8-15 единиц).

А как быть, если устройство имеет сложную иерархическую структуру? Можно ли в этом случае воспользоваться методом морфологического анализа?

Можно! В этом случае морфологический анализ применяется ступенчато. Вначале строятся матрицы применительно к устройству в целом,

в качестве параметров и связей рассматриваются укрупненные элементы. Морфологический анализ помогает определить их компоновку в устройстве и функциональные связи. Затем морфологический анализ ведется применительно к одному элементу, затем – применительно к следующему и так до простейшего – через все ступени нисходящей иерархии структуры устройства.

Метод может показаться громоздким и сложным, особенно для структурно сложных устройств. Но «глаза страшат, а руки делают» т.к. реальный поиск требует терпения, труда и времени. После освоения метода скорость решения увеличивается. Метод морфологического подхода к изысканию конструкторских решений применяется при разработке надо обратить особое внимание. Он повышает мастерство изыскателя и продуктивность поиска.

1.5 Краткий обзор методов поиска новых технических решений

Формирование идеи решения конструкторской задачи – продукт мыслительного процесса конструктора-разработчика. Часто спрашивают: можно ли научиться творческому мышлению для решения творческих конструкторских задач? Исследования психологов и практический опыт позволяют ответить утвердительно. Но единой методики нет и, очевидно, не может быть, поскольку каждому разработчику свойственна индивидуальность. Однако известен ряд работ, которые обобщают опыт конструкторской, исследовательской, изобретательской деятельности и представляют их в виде системного руководства. Эти рекомендации помогают повысить продуктивность и качество творческого мышления при решении технических задач.

Эти методы представляет собой интеллектуальные инструменты, позволяющие повысить целенаправленность поиска и эффективность решения технических задач [8]. Вот названия методов поиска новых технических решений: «Метод контрольных вопросов», «Синектика», «Метод организующих понятий», «Алгоритм решения изобретательских задач», «Метод систематической эвристики», «Метод ступенчатого подхода», «Метод функционального изобретательства», «Интегральный метод «Метра», «Метод десятичных матриц поиска», «Функционально-стоимостной анализ» Это далеко не полный перечень. Все они представляют науку «Эвристика» - науку о решении творческих задач.

Метод контрольных вопросов, представлен несколькими вариантами, разработанными авторами: А.Осборн, Т.Эйлоарт, С.Пирсон и др.

Метод основан на наборе контрольных вопросов, поиск ответа на которые наталкивают на мысль, содержащую идею или принцип искомого решения. Набор неожиданных, а иногда и невероятных вопросов и советов, позволяют преодолеть психологические барьеры. Рассматриваются такие варианты:

- что можно в техническом объекте уменьшить, перевернуть, уплотнить, сжать, сгустить (конденсировать), раздробить и т. п.;
- набросать фантастические биологические, экономические и другие аналоги;
- установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения и т. п.;
- узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей,
- в воображении залезть внутрь механизма, объекта и т. п.

Синектика – метод поиска решения задачи, разработан У. Гордоном, заключается в образовании синектических групп – групп людей различных специальностей, которые встречаются с целью творчески решить проблему путем неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов. В основе «мозговой штурм», проводимый постоянными группами, которые знакомятся с *проблемой, как она дана* (ПКД), как она понимается (ПКП). Решение возникает в процессе превращения привычного в непривычное и наоборот, что позволяет сбить «психологическую инерцию». Поэтому используют аналогии: прямая, личная, символическая (абстрактная), фантастическая и др.

Метод организующих понятий - разработан Ф. Ханзенем [8], предусматривает вначале абстрактное формулирование искомой идеи (основной принцип), а затем разработку принципиальной схемы искомого устройства на основе выбора элементов из руководящих (систематизированных) материалов, классифицируемых по организующим понятиям и отличительным признакам. При разработке решения доминирующим свойством искомого устройства является соответствие его задаче функционирования. Принципиальная схема находится путем вариации сочетаний элементов, отличительных признаков, организующих понятий. Одна из нескольких найденных схем выбирается на основе анализа ошибок.

Алгоритм решения изобретательских задач – (АРИЗ) разработан Г.С. Альтшуллером [2]. Он предусматривает анализ задачи после уточнения условий. Здесь определяется идеальный конечный результат (ИКР) решения задачи, независимо от возможности его осуществления и выбора пути. Отсутствие известных решений и способов их достижения ИКР квалифицируется как техническое противоречие. Формулируется оно в абстрактной форме. Преодоление технического противоречия производится использованием всех методов и приемов преодоления психологической инерции и психологического барьера, применяемых в определенной последовательности. Это и есть пути нахождения нового принципа решения задачи.

Метод систематической эвристики разработан коллективом авторов под руководством И.Мюллера и П.Коха[8]. Он включает комплекс эвристических программ, представляющих собой ряд

последовательных указаний для разработчика, позволяющих рациональным путем получать и перерабатывать необходимую и достаточную информацию. Система эвристических программ имеет иерархическую структуру, разработаны по принципу «матриц открытия» и «морфологического ящика» и развернутая программа конкретного варианта в квадрате поля анализа.

Метод ступенчатого подхода к решению задачи разработан А. Фрейзером [8]. Он предусматривает решение отдельных сложных проблем путем простейшего индивидуального аналитического подхода.

Производится анализ причин и препятствий, определяющих конкретные решения в последовательности:

- 1) конечные цели;
- 2) причины;
- 3) признаки;
- 4) препятствия;
- 5) средства для преодоления препятствий;
- 6) модели задачи;
- 7) проверка правильности решения.

Метод функционального изобретательства, разработанный К. Джоунсом [8], является результатом исследования переходов от аналогов и прототипов к изобретениям и включает последовательные этапы:

- 1) определение функций каждого элемента известного решения;
- 2) выделение основной функции (другие считаются вспомогательными);
- 3) определение любых изменений основной функции, совершенствующих конструкцию;
- 4) объединение результатов 2 и 3 этапов для нахождения новой основной функции;
- 5) деление новой основной функции на основную и вспомогательные и определение элемента конструкции – ее носителя.

Интегральный метод «Метра» разработанный под руководством И. Бувена [8], представляет собой сочетание «мозгового штурма», синектики, морфологических матриц, с добавлением свободных ассоциаций путем «пробуждения сновидений», а также аналоговой методики «Метра».

Поиск решения здесь начинается с формулировки проблемы и ее анализа творческой группой, затем высказываются все идеи и сомнения, «расщепляется» понятие об объекте на составляющие его элементы посредством свободных ассоциаций, строятся морфологические матрицы в координатах возможностей заказчика и требований потребителя, выполняется анализ первых результатов и выдача их контрольной группе.

После этого проблема формулируется заново. Производится «мозговой штурм» с поиском решений, которые сравниваются с исходными критериями, сопоставляются цели, результаты выдаются контрольной группе. Затем выбирается окончательная цель поиска, проводится операция «путешествия в мир аналогии», возврат к проблеме, повторный анализ полученных решений и сопоставление их с исходными целями.

В заключение – обратная связь с контрольной группой и утверждение выбора решения. Здесь поиск решения осуществляется с повторением групп этапов и последовательным применением методов и способов поиска решения поставленной проблемой задачи.

Метод десятичных матриц поиска (ДМП) разработанный Р.П. Повилейко[8]. Он заключается в построении поля анализа на основе взаимосвязей показателей технических объектов и эвристических приемов поиска новых технических решений. Разделенные на 10 групп показатели технических объектов и эвристических приемов составляют десятичную систему матричных таблиц, строки которых включают характеристики технических объектов, а столбцы – группы эвристических приемов.

При построении десятичных матриц поиска (ДМП) предусматривается использование патентно-технической литературы. В зависимости от содержащейся информации ДМП могут носить общетехнический, отраслевой и предметный характер.

Системный подход неразрывно связан с фундаментальными идеями материалистической диалектики. Системный подход и анализ, получившие широкое распространение в 50–60-е годы, во многом определили разработку в этот же период новых методов проектирования. Они имеют много общего и с проблемой принятия решения, которая порождена развитием человеческой деятельности в условиях неопределенности и конфликта. Дж. К. Джонс замечает[6], что думать о проектировании как о “решении проблемы” – это значит использовать довольно застывшую метафору применительно к живому процессу и забыть, что проектирование нацелено не столько на исправление, сколько на осознание новых возможностей и выявление нашего отношения к ним. “Наряду с традиционными, – отмечает Дж. К. Джонс, – появились совершенно различные по своему содержанию виды проектирования:

1) проектирование как процесс разработки не отдельных предметов, а целых систем (аэропорты, транспорт, супермаркеты, радиопрограммы, программы обучения, банковские системы, компьютеры);

2) проектирование как соучастие, как включение общества в процесс принятия решения;

3) проектирование как творчество, потенциально присущее каждому;

4) проектирование как учебная дисциплина, синтезирующая искусство и науку и, возможно, идущая дальше, чем-то и другое порознь;

5) проектирование без объекта как процесс или образ самой жизни

Знание взаимосвязей показателей технических объектов с группами эвристических приемов, а также конкретных требований решаемой задачи предопределяет целенаправленный выбор пути её решения.

1.5.1 Эвристический алгоритм поиска новых технических решений

Сопоставление методов поиска новых технических решений и их анализ позволили построить обобщенный эвристический алгоритм поиска новых технических решений [2].

Весь процесс решения задачи разделяется на 17 последовательных этапов, а каждый этап представляет собой последовательный ряд процедур. Этап понимается как функционально законченная часть процесса решения, которая включает в себя полный набор процедур, предназначенных для соответствующей специализированной обработки информации.

Число процедур процесса определяется выявлением наиболее часто повторяющихся в известных методах и наиболее значимых для успешного поиска решений, при сохранении наметившейся их последовательности. Поэтому обобщенный алгоритм может быть использован для построения простых алгоритмов как частный случай общего.

Обобщенный алгоритм для большинства процедур предусматривает использование конкретных массивов информации (их восемь).

Перечень этапов и массивов информации, а также использование последних по этапам поиска, думается, удобнее показать в координатной системе. Тогда квадраты поля покажут возможность или целесообразность их совместного применения. В таблице 1.3 показана схема алгоритм – информации. Значком X показано совместное применение. Из обобщенного алгоритма получают частные алгоритмы для решения конкретных задач. Для этого исключаются отдельные этапы и процедуры применительно к той области техники, к которой относится задача.

Проведенные исследования позволили формализовать и разработать компьютерные программы эвристических процедур поиска, помогающие человеку в поиске решения технических задач.

14) Выбор наиболее эффективного варианта								X
15) Развитие и упрощение ТР						X		
16) Анализ технико-экономич. эффективности				X				
17) Обобщение результатов решения задачи								

Весь фонд эвристических приемов разделен на 15 групп:

- 1) количественные изменения (21 прием);
- 2) преобразования форм (26 приемов);
- 3) преобразования в пространстве (40 приемов);
- 4) преобразования во времени (17 приемов);
- 5) преобразования движения (23 приема);
- 6) преобразования материала (14 приемов);
- 7) преобразования путем исключения (20 приемов);
- 8) преобразования путем добавления (33 приема);
- 9) преобразования путем замены (41 прием);
- 10) преобразования путем дифференциации (49 приемов);
- 11) преобразования путем интеграции (34 приема);
- 12) преобразования путем профилактических мер (16 приемов);
- 13) преобразования путем использования резервов (24 приема);
- 14) преобразования по аналогии (23 приема);
- 15) комбинирования и др. (39 приемов)

ИТОГО 420 приемов

Все группы эвристических приемов включают 826 процедур (их можно раздробить - увеличить или объединить – уменьшить).

1.5.2 Анализ и оценка особенностей конструирования

Особенности конструирования заключается в следующем:

- а) эффективность творческой деятельности связана с личными качествами конструкторов (изобретателей);
- б) существуют свойства (качества) человеческой психики, снижающие продуктивность творческого мышления при поиске новых идей (психологический барьер и инерция);
- в) существуют способы преодоления психологических барьеров (инверсия, эмпатия, аналогия и фантазия), представляющие комплекс эвристических приемов интенсифицирующих творческую деятельность.

Психологии человека свойственна «привязанность к идее» или «навязчивость идеи» - это состояние, когда, переключаясь на осмысливание или поиск новой идеи в ходе процесса конструирования, в конце концов, «скатываешься» к первой, кажущейся единственно правильной. Для

преодоления необходимо использовать «мозговой штурм».

При разработке сложного устройства, особенно на начальных этапах, наблюдается растерянность при одновременной оценке многих связанных, часто противоречивых, условий и требований. Систематизации вариантов, комбинаций производится с помощью морфологического анализа, позволяющего упорядочить выявление как числа свойственных объекту параметров, так и все разнообразие их возможных сочетаний и связей.

Используются «морфологический ящик», «матрицы открытия», «десятичные матрицы поиска» в тех частях, которые позволяют определить поле поиска. При этом упорядочиваются варианты сочетаний признаков и свойств объекта, все они остаются в поле зрения (изобретателя) конструктора.

Нетрудно заметить, что рассмотренные нами последовательные методы представляют собой совокупность способов в разном сочетании.

Другое направление поиска методов разработки новых технических решений основывается на практике и обобщении опыта конструирования технических устройств успешно работающими конструкторами, формулирующими задачи, принципиально новые разработки, реализующие поиск и разработку новых устройств и машин.

Процесс поиска новой идеи входит в метод поиска новых технических решений и является его центральным этапом. Предшествует ему процесс разработки задания. Последующий этап - выбор лучшего решения из вариантов.

Авторы обобщенного эвристического алгоритма поиска новых технических решений на основе известных методов построили наиболее полный ряд последовательных этапов проектирования, рационально связали их с приведенными в систему источниками информации, приемами способов поиска новой идеи, способами принципиального решения и выбора лучшего варианта решения задачи, предусматривая полуавтоматический поиск необходимой информации с помощью ЭВМ.

Кроме того, что не менее важно, надо иметь исходный материал, приведенный в такое состояние, при котором он наилучшим образом поддается обработке и принимает искомую форму. Нужно иметь и разработанное задание на проектирование технического устройства. Оно часто содержит идею решения задачи.

Качество разработанного задания предопределяет качество искомого решения и трудоемкость процесса его поиска.

Эвристические приемы поиска предусматривают только преодоление психологических пут и варьирование параметрическими характеристиками искомого устройства, приспособляемыми к выполнению заданной функции искомым устройством. Но до настоящего времени нет «удовлетворительной, логически обоснованной методики разработки задания» [8]; «пока не выработано каких-либо жестких требований по выбору варианта формулировки задачи». Поэтому усиливается важность начала поиска от абстрактной формулировки

основного принципа (идеи функционирования) будущей конструкции [8].

2 Общие вопросы конструирования

2.1 Основные этапы конструирования

Конструирование, как творческое предопределение будущего технического устройства, производится в несколько последовательных этапов:

- разработка задания;
- формирование принципиальной схемы будущего устройства;
- общее конструирование (чертеж общего вида);
- разработка рабочей документации.

Границы этапов условны. Они могут быть дифференцированы. Конструирование в полном объеме (творческое конструирование) включает в себя все этапы.

Уровень творческого процесса в конструировании зависит от постановки задачи, а особенно, от выбранного способа ее решения.

В процессе конструирования наглядно изображается то, что предметно еще не существует, а является лишь объектом умственной деятельности [8]. Конечный результат конструирования – полная техническая документация, необходимая и достаточная для реализации (изготовления) устройства в образце, макет или сам образец. Принятая графическо-текстовая форма документации.

Графическо-текстовая форма изображения (документация) исторически появилась куда более поздно, чем сами технические устройства.

Сначала и конструктором, и исполнителем образца был один и тот же человек. Позже специализация разделила обязанности. Появился графическо-текстовый язык передачи продукта мыслительной деятельности. Он стал удобной формой передачи и обмена информацией между конструктором и изготовителем устройства.

Информации в форме технической документации, учебной, технической, патентной, научной литературы, в частности, по конструированию приспособлений, много. Это продукт мыслительной деятельности, накопленной предыдущими поколениями и нашими современниками. Значительная часть, как полагают, наиболее эффективных решений по отдельным структурным элементам и устройствам, включены в стандарты, реализуются в производстве.

2.2 Объект и содержание конструкторской разработки

В настоящее время, редок случай, когда объектом конструирования является устройство, выполняющее функцию, не имеющую аналога. Чаще задачей конструкторской разработки является изменение, улучшение результата функционирования известного образца в нужном направлении или отдельного его элемента (элементов) для выполнения заданной функции или операции. В последнем случае объектом конструкторской разработки

является структурный элемент (или группа элементов) известного устройства, а содержанием – изменение структуры или функциональной связи элементов (или изменения того и другого).

Изменение в конструируемом механическом устройстве структуры элементов или формы их связи может носить разный характер, проявляться в разном сочетании их характеристик.

Поиск нового конструкторского решения в той или иной мере отображает эволюцию развития устройств этого типа. Целесообразно систематизировать мыслительный подход к конструированию механического устройства. В систематизации надо прежде всего иметь представление о всех мыслимых сочетаниях элементов и изменении форм их функциональной связи. Для этой цели удобно использовать «матрицы открытия» А. Моля [8], применив их принцип к механической системе (устройству). Схема такой систематизации мыслительных сочетаний показана на рисунке 2.1.

									поверхность
									деталь
									соединение
									сопряжение
									узел
									агрегат
									машина
	размер элемента	форма элемента	число элементов	набор сочетаний элементов	изменение связи элементов	добавление новых элементов	новая схема		

Рисунок 2.1 – Матрица поиска признаков решения конструкторской задачи

Каждая ячейка матрицы на схеме соответствует сочетанию действий конструктора применительно к структурному элементу при поиске конструкторского решения.

2.3 Уровни конструкторского решения

Научная, техническая и другие виды информации о конструкциях механических систем представляют собой арсенал продукта творческого мышления людей всей предшествующей истории в технической документации или образцах. Этот арсенал питает конструкторов сведениями об известных решениях, аналогичных или близко совпадающих с искомыми.

Уровень конструкторского решения определяется тем, информация какого порядка (уровня) использована при разработке. Восходящий порядок

(уровень) можно определить в такой последовательности:

- использован известный образец
- типовой чертеж (типовая конструкция),
- стандартное решение,
- патентный материал,
- аналогичное устройство,
- научные рекомендации,
- творческое мышление.

На любом из уровней может вестись изыскание конструкторской разработки применительно к элементу каждого порядка сложности, с изменением или нахождением нужной формы их функциональной связи для наилучшего соответствия конструкции ее служебному назначению [8].

Для систематизации всех мыслимых вариантов сочетания структурных элементов, формы их функциональной связи и уровней конструкторского решения удобно представить их в форме трехмерного морфологического ящика А. Цвикки [8], который применительно к конструкторской разработке механического устройства показан на рисунке 2.2.

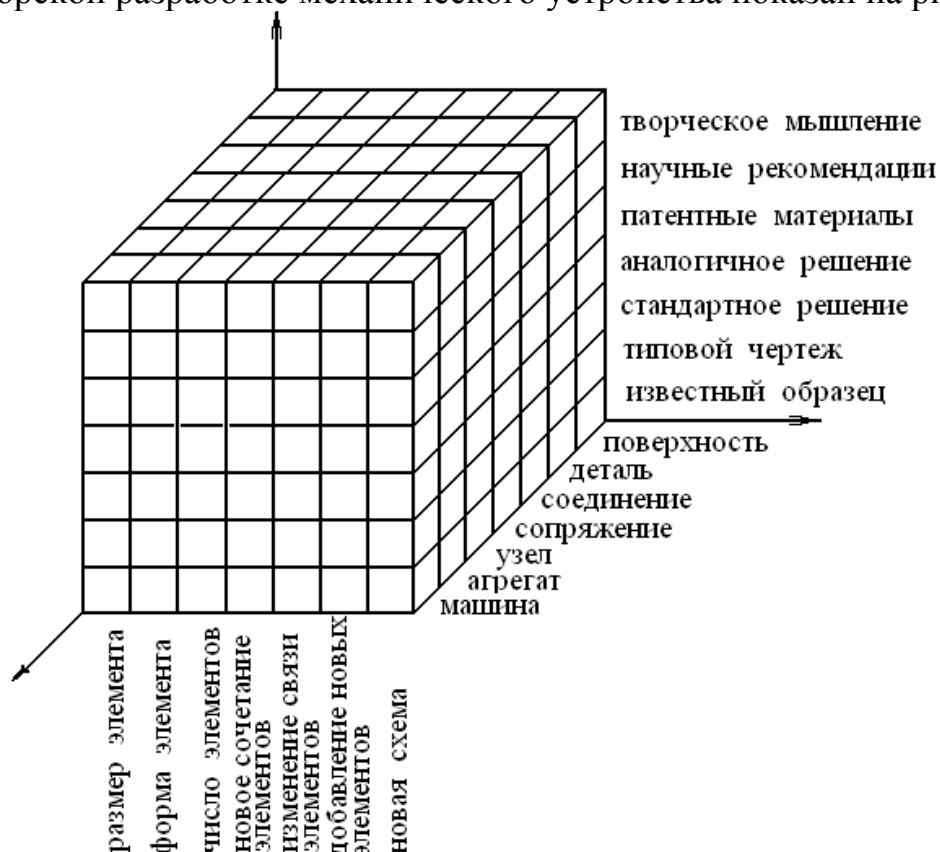


Рисунок 2.2 - Морфологический ящик уровня конструкторских решений

В его основании лежат матрицы поиска (см. рисунок 2.1), а по вертикали – ряды уровней конструкторского решения. Он может быть построен с большим или меньшим дифференцированием признаков конструкторских решений.

Каждая ячейка морфологического ящика соответствует определенному сочетанию признаков решения. Самому низкому уровню конструкторской разработки по рисунку 2.2 соответствует ячейка начала координат, которая содержит изменение размера поверхности известного образца; самому высокому – ячейка, диаметрально противоположная первой. Она соответствует получению новой схемы, машины (устройства) как продукта творческого, мышления разработчика (пионерское решение).

2.4 Последовательность конструирования

Последовательность конструирования зависит от того, что является объектом конструирования, каково его содержание и на каком уровне оно должно быть выполнено[1].

Если объектом является конструкция, имеющая стандартное решение составляющих его элементов, а результатом конструирования является разработки чертежа общего вида, то проектирование ведется в следующей последовательности:

- наносится на лист контур элемента, с которым взаимодействует выходной элемент разрабатываемого. Применительно к станочному приспособлению – вычерчивается контур заготовки в рабочем (забазируемом) положении по крайней мере в трех проекциях;
- вокруг контура последовательно наносятся взятые из соответствующего стандарта взаимодействующие с ним элементы. Применительно к станочному приспособлению – базирующие (опорные) и прижимные;
- затем оформляются элементы известного стандартного решения, т.е. осуществляют «привязку» элементов к известным. Подбирают стандартные элементы и komponуют их в такой связи, которая обеспечивает служебное назначение разрабатываемого устройства, и последовательно наносят на чертеж.

Когда подобная задача решается на базе принципиальной схемы из патентных материалов, принятая схема используется как основа компоновки и связи элементов. В остальном, последовательность разработки чертежа из предыдущего варианта.

Если задача решается на базе использования аналога, то разработке чертежа общего вида предшествует разработка принципиальной схемы объекта конструирования.

Если объектом конструирования является элемент или машина, не имеющие прототипа, то конструирование ведется на уровне изыскания, независимо от того, какого порядка сложности объект, или какая форма связи должна быть найдена. Изыскание предшествует разработке принципиальной схемы. Последний вариант является общей схемой конструирования, т.е. конструированием в полном объеме.

2.5 Конструирование в полном объеме

Конструирование в полном объеме включает в себя все этапы. Оно начинается с подробной разработки задания и изыскания принципиальной схемы решения конструкторской задачи. Все другие методы конструирования, указанные в предыдущем разделе, являются его частным случаем.

Задачей конструирования в наиболее общем случае является создать нечто такое, что предметно еще не существует, а является объектом нашего мыслительного процесса. Известно, в общих чертах, только результат, т.е. то, что мы должны получить от искомой конструкции в результате ее функционирования (работы).

Новые, творческие конструкторские решения высокого уровня приносят наивысший эффект. Поэтому разработку конструкции стараются провести на основе принципиально новых идей.

В споре о том, что имеет решающее значение при поиске новых технических решений – интуиция или логика – приходят, как правило, к выводу, что и то, и другое. Решение возникает не само собой, а как продукт (результат) интенсивного мыслительного процесса.

Конструирование на этом уровне немислимо без абстрактного анализа. Чаще всего начинается с представления в воображении принципа действия искомого устройства. Это начало абстрактного анализа.

Нередко в воображении сравнительно легко решаются сложные задачи, но, как утверждают исследователи особенностей конструирования, идея часто пропадает на пути от воображения до чертежа или схемы, оказывается невозможным реализация идеи.

Абстрактное мышление является одной из сторон познания [8] и одновременно одним из моментов изыскания конструкторского решения [8]. Как им пользуются при поиске нового технического решения? С чего начинать конструирование предметно не существующего устройства? Как начинается разработка, если о будущем устройстве ничего не известно, кроме требований к результатам работы и назначение? На эти вопросы каждый конструктор отвечает по-своему – часто некоторые решения иногда приходят во сне!

Согласно принципа творческой поисково-исследовательской деятельности: «внезапно открывшееся решение – это обычно не окончательное разрешение вопроса, а ...гипотеза, которая превращается в действительное решение в ходе последующей проверки и доказательства». С.Л. Рубинштейн[8].

2.6 Абстрактная функциональная схема

Функциональная схема представляет собой графическое изображение функциональной связи структурных элементов технического устройства, приспособления. Она строится на базе статической (координатной) схемы

(раздел 2.4) путем нанесения на нее условных обозначений связи структурных элементов изыскиваемого устройства.

Функциональная схема представляет собой абстрактное изображение изыскиваемой конструкции. Структурные элементы в ней представлены их координатными системами, а связь – условными значками.

На рисунке 2.3 изображена координатная схема устройства, имеющего два рабочих органа в виде двух координатных систем с точками начала координат систем « O_{III} » и « O_c ».

В виде изображенном на рисунке, координатная схема подразумевает бесчисленное множество конструктивных решений устройств с двумя рабочими органами. Координатные системы в схеме могут быть расположены и сориентированы друг относительно друга в бесчисленном множестве вариантов. Им может быть задана любая размерная (статическая) связь, любая форма относительного перемещения (кинематическая связь), они могут нести или передавать самые различные силовые воздействия (динамическая связь).

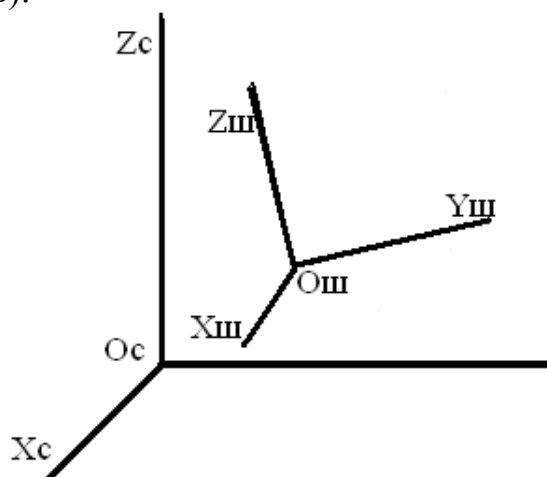
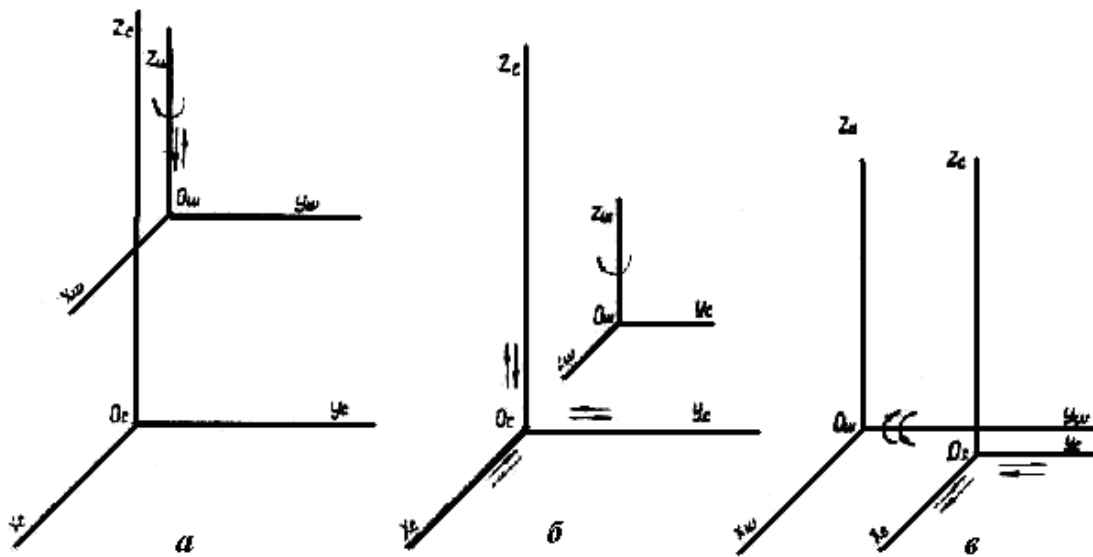


Рисунок 2.3 – Схема устройства с двумя рабочими элементами

Если в координатной системе указать формы и значения связей элементов, то она превращается в функциональную схему устройства. На рисунке 2.4 для примера приведены варианты функциональных схем на основе координатной схемы рисунке 2.3.



a – сверлильного, *б* – вертикально-фрезерного, *в* – токарного станка
Рисунок 2.4 – Функциональная схема устройств

Рисунок 2.4 *a* - функциональная схема устройства, в котором один из элементов рабочего органа расположен соосно с другим и имеет вращательное и поступательное (вверх-вниз) перемещение при выполнении рабочей функции. Под эту функциональную схему подходят сверлильные металлорежущие станки, бурильные установки, винтовые пары и т.п.

Определите возможные варианты конструкций других схем (рисунок 2.4)

Изображение функции изыскиваемого устройства в виде схемы дает возможность анализировать процесс поиска и контролировать каждый этап мыслительного процесса. Т.е. позволяет систематизировать мыслительный процесс поиска предметно не существующего нечто, наглядно представлять результат поиска на каждом этапе и, что особенно важно, фантазировать наглядно, реалистично, направленно - результативно.

Всякий агрегат, чаще всего, представляет систему конструктивных элементов. Каждый элемент системы имеет свою координатную систему, находящуюся в той или иной форме связи с другими. Для каждой системы элементов может быть построена функциональная схема, а на основе поэлементных схем – общая функциональная схема агрегата.

Такой ступенчатый подход упрощает анализ.

3 Приспособление как объект конструирования

Технические устройства, используемые, для выполнения технологических операций, называют технологической оснасткой.

Станочное приспособление представляет собой техническое устрой-

ство, реализующее установку объекта обработки (чаще заготовки) или обрабатывающего инструмента в координатной системе станка.

По характеру реализации установки их подразделяют на 3 группы:

- 1) универсальные – для деталей (заготовок) в широком интервале типоразмеров и конфигурации с родственным характером обработки;
- 2) специализированные – для деталей (заготовок), близких по конструктивно-технологическим признакам с малым интервалом типоразмеров;
- 3) специальные – для выполнения одной (или малого числа) деталиеопераций без регулирования и переналадки.

3.1 Функциональная задача приспособления

Функцией станочного приспособления является реализации установки обрабатываемого объекта в координатной системе станка.

Требование к результату функционирования – обеспечение точности размерной связи обрабатываемых на данной операции поверхностей заготовки с обработанными на предшествующих.

Размерная связь этих поверхностей обеспечивается путем жесткого расположения заготовки в системе СПИД, когда она устанавливается так, чтобы обрабатываемая поверхность занимала положение, по которому следует (перемещается) вершина режущей кромки обрабатывающего ее инструмента или обрабатываемая поверхность.

Для выполнения обработки поверхности (поверхностей) заготовки образуется жесткая система «приспособление – заготовка», в которой основная конструкторская база приспособления является основной базой, а обрабатываемая поверхность (поверхности) заготовки – вспомогательной базой системы «приспособление – заготовка» («П-З»). Система «П-З» должна быть вписана в систему расположения элемента, несущего заготовку, и следа движения лезвия (вершины) инструмента, настроенного для выполнения операций на металлорежущем станке.

3.2 Ограничительные условия

Ограничительными называются условия, которые должны быть учтены при конструировании приспособления. Они представляют собой требования, которым должна отвечать разрабатываемая конструкция в дополнение к ее задаче функционирования.

Основные из этих требований:

- а) технические – возможность изготовления в данном предприятии, соответствие конструкции программе выпуска изделий; технологичность конструкции элементов и приспособления; минимальное число стыков – жесткость конструкции, простота конструкции, компактность, надёжность;
- б) экономические – простота конструкции, минимальные затраты времени на закрепление и раскрепление заготовки, использование доступных

предприятию дешевых материалов, невысокая себестоимость, быстрая окупаемость;

в) социальные – безопасность при обслуживании, самотормозящие, зажимные устройства, яркая окраска мест смазки, наличие устройств безопасного транспортирования при установке и снятии и другие требования по ГОСТ 12.2.029 – 88;

г) эксплуатационные – ресурс, надежность, легкая сменность быстроизнашивающихся деталей; доступность мест регулировки и смазки, каналы для стока охлаждающей жидкости (СОЖ), легкость удаления стружки и др.;

д) эстетические – форма внешнего контура, соотношение размеров конструктивных элементов, декоративные покрытия отдельных деталей, цвет окраски приспособления и т. п.

Все эти и подобные требования являются ограничительными условиями при оценке разработанной конструкции. Основным требованием остается требование к функционированию, т.е. соответствие служебному назначению. Этой характеристикой качества приспособления нельзя поступиться: если функция выполняется не полностью, то отсутствует положительный результат разработки. Оценка такого приспособления по признакам ограничительных условий не производится: она теряет смысл.

Не менее важным ограничительным условием является время, отведенное на конструирование – сроки готовности («темп оснащения»).

3.3 Эволюция приспособлений

Начало эволюции технологической оснастки началась в то время истории, когда человек приступил к выполнению технологических процессов изготовления орудий труда для своей производственной деятельности («с незапамятных времен»). Совершенствование приспособлений, в историческом плане, шло от простейших – через промежуточные, к более сложным по структуре и уровню совершенства.

Прототипом технологического оснащения, утрируя, можно считать устройство тела самого человека. Кисти его рук – приспособления, относительно подвижные части тела – передача, энергия мышц – привод (мышление как орган управления, контроля и обратной связи здесь не рассматривается).

Выполнение технологической операции может осуществляться при закреплении обрабатываемого объекта в кисти одной руки, инструмента – в другой: затачивание карандаша ножом, затесывание клина топором и т. п. При этом одна часть кисти – ладонь – служит опорой (базирует) устанавливает объект, другая – пальцы, совершив необходимое перемещение, осуществляют захват (закрепление) и передают силу мышц (источник энергии) для зажима объекта. Чем не приспособление?

Кисти рук человека, осуществляющие закрепление обрабатываемого

объекта и инструмента, заменялись специальными устройствами. Они стали техническими устройствами, которые мы называем приспособления.

Любое приспособление включает в свою структуру: *рабочий орган, передачу и двигатель*. Без них приспособление не может выполнять задачу установки детали в выбранной системе координат.

3.4 Принципиальная схема

Схема представляет собой графическое изображение принципа действия проектируемого технического устройства. Она показывает структуру искомого устройства, расположение элементов и их взаимодействие, при котором может быть реализована функциональная схема, а значит и функциональная задача устройства. Принципиальная схема показывает, как осуществляются статические, кинематические и динамические взаимодействия элементов. В приспособлении они реализуются агрегатами (устройствами) приспособления: базирующими (установочными), передающим устройством и приводом.

Связь структурных элементов в агрегатах (устройствах) имеет графическое изображение: статическая – *размерная схема*, кинематическая – *кинематическая схема* и динамическая – *силовая схема*.

Рабочий орган приспособления состоит из двух элементов: агрегата базирования и прижимного элемента. Такое разделение позволяет реализовать установку заготовки, т.е. базирование и закрепление.

Рассмотрим процесс разработки принципиальной схемы приспособления для установки заготовки бесступенчатого валика (рисунок 3.1), в котором фрезеруется шпоночный паз.

Деталь – жесткая система поверхностей. Значит, она представляет собой статическую систему, функциональная связь элементов (поверхностей) которой определяется размерной связью. Из всех видов связи размер и форма поверхности относятся к поверхности, размеры расположения поверхностей составляют функциональную их связь в детали.

На рисунке 3.1 изображен чертеж детали, которую надо получить в результате выполнения технологической операции «фрезеровать паз». На рисунке показана размерная связь поверхностей обозначениями по ЕСКД. Каждый размер на чертеже обозначен буквенным символом. Для упрощения используем нулевые отклонения размеров. Деталь, как статическая система, должна иметь необходимое и достаточное количество размеров статической (размерной) связи указанные на чертеже. На чертеже детали (рисунок 3.1) указаны все необходимые размеры, их отклонения обозначены буквенными символами.

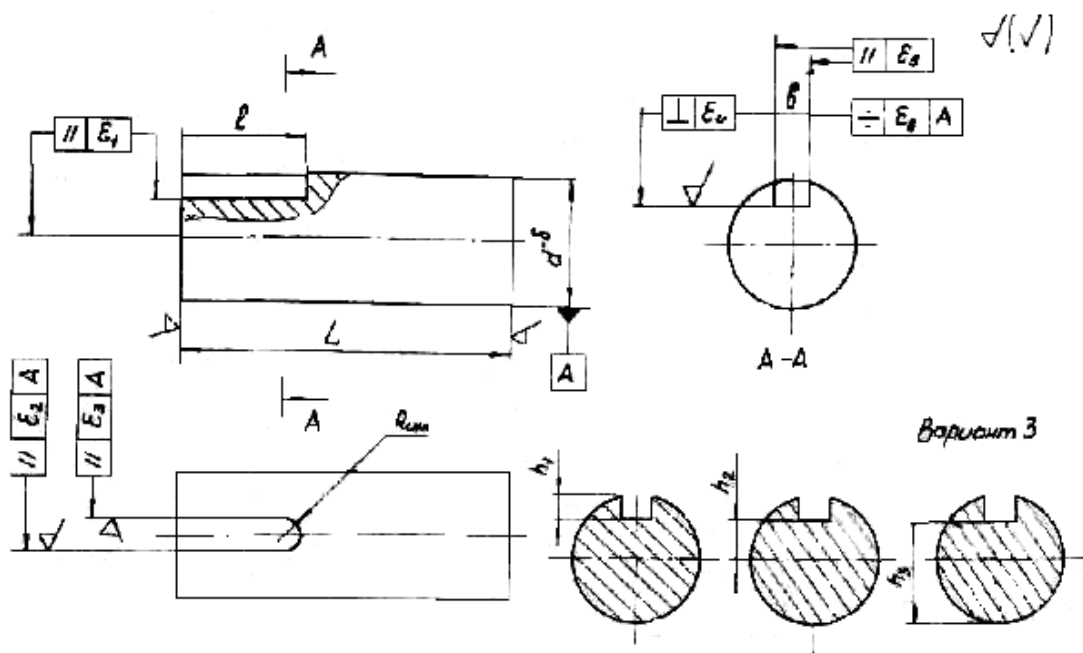


Рисунок 3.1 – Чертеж обрабатываемой детали

3.4.1 Обеспечения размерной связи детали системой СПИД

подавляющее большинство современных металлорежущих станков (кроме сугубо специальных) строится по прямоугольной системе координат, то есть их относительно подвижные части перемещаются вдоль или вращаются вокруг одной из координатных осей или вращение и перемещение происходят одновременно. Деталь (заготовка) установлена в приспособлении, а приспособление – на несущем его подвижном элементе станка; на другом элементе станка – инструмент.

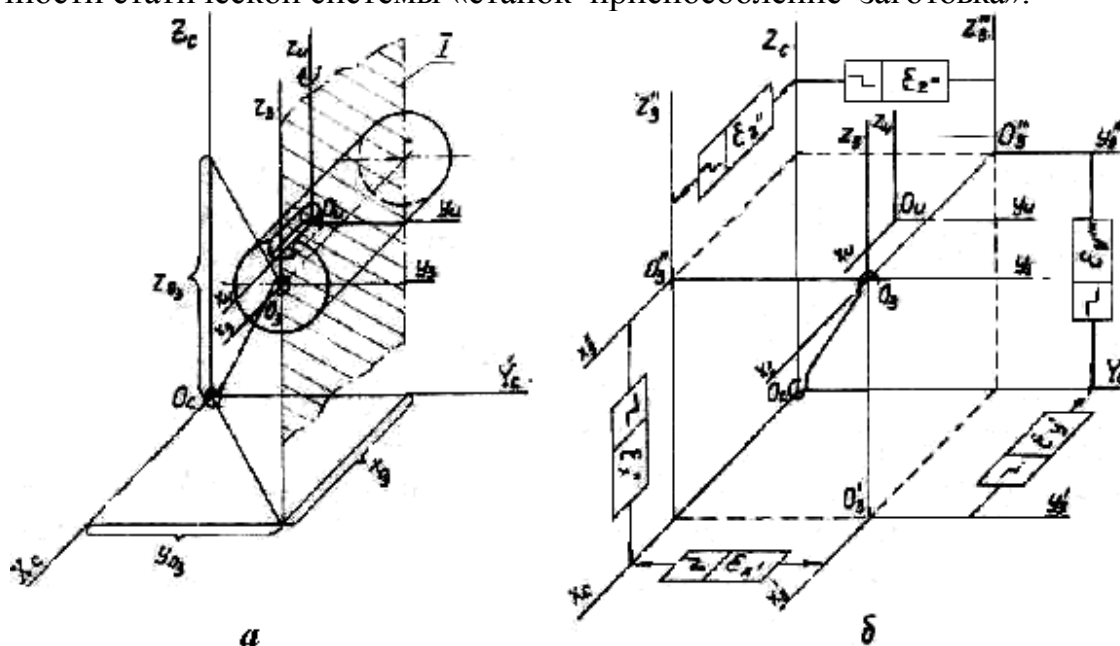
Когда одна из подвижных частей станка несет на себе инструмент, а другая – заготовку (деталь), установленную в приспособлении, то заданное размерной связью расстояние между инструментом и заготовкой достигается путем перемещения подвижной части станка, несущей приспособление или инструмент, вдоль (или вокруг) координатной оси станка. Это и есть настройка станка на заданный размер. Перемещение при этом – линейное, реже – угловое.

Настройкой станка (пробными проходами, или с помощью установов) может быть выполнен любой координатный размер поверхности заготовки. Точность формы обрабатываемой поверхности в системе СПИД зависит от многих причин. Приспособление, кроме кондукторных, оказывает влияние на взаимное расположение поверхностей. Отклонение формы происходит в такой мере, в какой сила закрепления заготовки в приспособлении деформирует конструкцию, несущее обрабатываемую поверхность. Следовательно, приспособлением обеспечивается

преимущественно координационная размерная связь. Ее точность еще зависит от точности установки приспособления в системе СПИД. Точность координатных размеров зависит от приспособления по полигону рассеивания отклонений при обработке партии деталей на настроенном станке.

Выполнение основного принципа базирования обеспечивается здесь размерами расположения координатной системы заготовки относительно системы координат стояка станка, а также расположением осей инструмента X_n и Z_n в плоскости симметрии заготовки (I – рисунок 3.2 а) скрытой базы.

Координатные размеры (X_{03} , Y_{03} , Z_{03}) обеспечиваются настройкой станка на обработку детали, а координационные (рисунок 3.2 б) зависят полностью от точности статической системы «станок–приспособление–заготовка».



а – координатная схема, б – функциональная схема

Рисунок 3.2 – Схема базирования детали по скрытым базам

3.4.2 Основной принцип базирования (базирование по скрытым базам)

Базирование инструмента, заготовки или изделия может быть произведено по точке, геометрической оси и плоскости симметрии (поверхности). Точка, линия, поверхность составляют разновидности скрытых баз. Точка, геометрическая ось, плоскость – понятия абстрактные, но базирование по скрытым базам обеспечивает *реальное повышение точности* обработки.

Базирование по точке – явление в технике нечастое. Оно считается условным (например, гироскоп, сферический шарнир и т. п.).

Базирование по геометрической оси (по прямой линии) имеет широкое распространение в технике. По ней базируются преимущественно – тела вращения. Геометрическую ось (линию) можно рассматривать как

след движения точки, а две точки определяют положение прямой. Две точки или прямая реализуют направляющую базу.

Базирование по плоскости симметрии (плоской поверхности) – распространенное в технике явление. По ней базируют конструктивные элементы призматической формы и форм, у которых опорой при монтаже служит плоская поверхность. Плоскость симметрии (плоскую поверхность) можно рассматривать как след движения прямой в перпендикулярном направлении по прямой, а положение определяются двумя пересекающимися прямыми или тремя точками. Это установочная база (ГОСТ 21495—76 [13]).

Изображается в виде схемы, которая показывает на графике размерную связь скрытых баз изделия или заготовки с системой координат несущего ее элемента станка (приспособления). Например, схема по чертежу детали (рисунок 3.1) приведена на рисунке 3.2.

3.4.3 Реализация схемы базирования

Схема базирования показывает, какие реальные элементы и связи в системе обеспечивают абстрактное базирование по скрытым базам. Ведь использовать другие базы, кроме реальных невозможно.

Базирование по точке в технологии реализуется при обработке внутренней или наружной сферической поверхности. *Точка – база*, получается от пересечения взаимно перпендикулярных геометрических осей заготовки и несущего инструмент элемента станка или приспособления.

Базирование *по геометрической оси (линии)* реализуется несколькими способами. Известно, что всякая окружность имеет одну точку центра. След перемещения окружности по прямой, перпендикулярной плоскости окружности – цилиндр. Если в нем разместить второй такой же цилиндр, то их геометрические оси совпадут. Цилиндры – концентричны. Если одну из двух концентрических окружностей сместить поступательно в направлении, перпендикулярном плоскости их расположения, то две точки их центров определяют их общую ось, а огибающая обе окружности поверхность образует конус. Если в этот конус ввести другой такой же, то оси того и другого совместятся. Конусы – соосны.

Если один из этих цилиндров или конусов принадлежит несущему элементу станка или приспособлению, а другой – базируемому объекту, то они займут соосное положение, то есть реализуют базирование по геометрической оси (линии). Понятно, что если заготовка имеет по торцам два впадающих конусных или цилиндрических отверстия, контактирующих с входящими в них конусами или сферами несущих элементов станка, то заготовка по отверстиям (центрам) займет положение, соосное несущим элементам станка.

Базирование по плоскости симметрии (по плоской поверхности) реализуется различно для цилиндрических и призматических объектов.

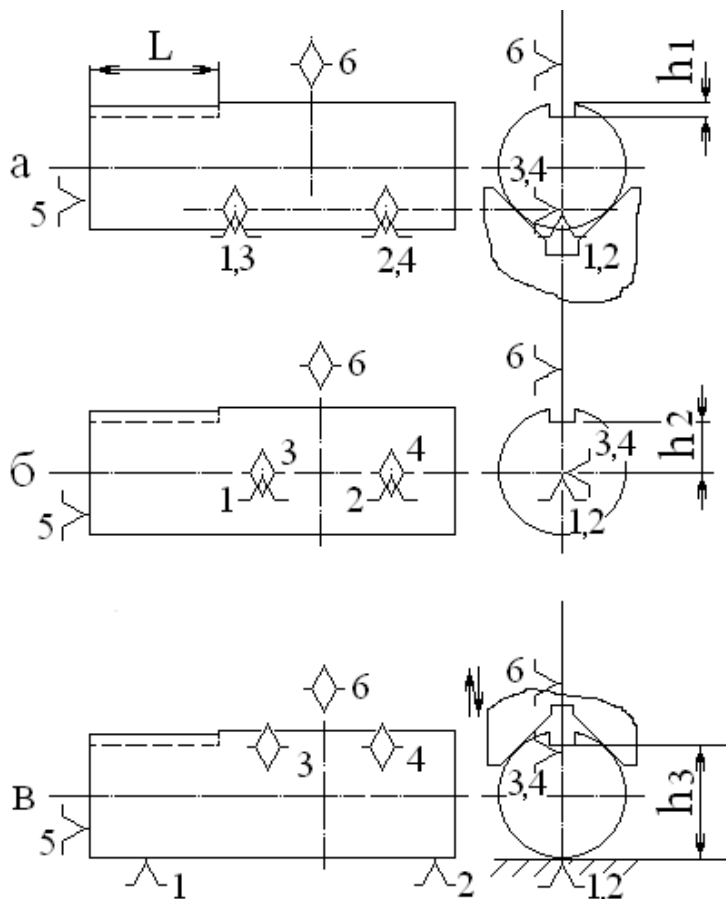
Базирование цилиндрической заготовки реализуется опорой ее на две пересекающиеся плоские поверхности (т.е. призмы). Касательные к ним

цилиндры разных радиусов имеют свои геометрические оси, расположенные в плоскости симметрии угла пересечения плоскостей призмы.

Объекты призматического типа зажимаются по параллельным поверхностям (граням) заготовки, с которыми контактируют самоцентрирующие (сходящиеся равномерно) элементы зажима, сходящиеся в плоскость симметрии заготовки, устанавливаемой в приспособлении. Например, винтовые тиски с перемещаемыми навстречу друг другу губками.

Погрешность базирования по скрытым базам определяется отклонением номинального положения в той мере, в какой реальные поверхности, реализующие базирование, имеют отклонения от идеальной формы и теоретического расположения. Для случая базирования по плоскости симметрии – отклонением перемещения (равномерностью шага и погрешностью начального положения). Как правило, эти отклонения в расчетах не учитываются.

Принятое по ГОСТ 21495-76 [13] обозначение схемы базирования показано на рисунке 3.3.



a – задана глубина паза;

б – задан размер от оси детали до дна паза;

в – задан размер от наружной поверхности до дна паза

Рисунок 3.3 – Схема базирования и способ задания размеров

Базирование и его результат являются абстракциями. Они приобре-

тают реальное значение, когда базируемый элемент в системе СПИД связан с другими элементами, необходимыми для выполнения технологической операции. Связь элементов в системе «приспособление – заготовка» («П-З»), как правило, статико-динамическая.

Процесс базирования и закрепления заготовки или изделия, согласно ГОСТ 21495-76 [13], называется установкой. При установке необходимо, чтобы заготовка или изделие, установленные в приспособлении, занимали в координатной системе СПИД положение соответствующее координационной размерной связи.

Реализация установки предусматривает:

- обеспечение положения заготовки или изделия, при котором погрешность базирования отсутствует или минимальна;
- соблюдение принципа единства баз, или, при невозможности единства баз, обеспечение постоянства баз;
- обеспечение непрерывности контакта основной технологической базы заготовки (изделия) с вспомогательной базой приспособления;
- наличие достаточной площади контактирования базы заготовки (изделия) с базирующими (прижимными) элементами приспособления, при которой исключается повреждение поверхностей детали;
- минимальное число элементов, а значит и стыков, в конструкции приспособления;
- исключение попадания стружки на базирующие поверхности приспособления.

Перечисленные принципы установки являются необходимыми для выполнения станочным приспособлением назначенной функции.

3.4.4 Принципиальная схема

Принципиальная схема представляет собой условное графическое изображение технического устройства. Схема показывает, сколько элементов, где и как расположены и в какой функциональной связи находятся, должно содержать устройство, выполняется с учетом ограничительных требований. Принципиальная схема строится на основе функциональной.

Примеры принципиальных схем приспособлений для фрезерования паза детали, приведенной на рисунке 3.1, схемы базирования по рисунку 3.3 показаны на рисунке 3.4.

Верхний горизонтальный ряд рисунок 3.4, *a* - эскиз заготовки, получаемой в результате выполнения операции. На изображении a_1 проставлены линейные размеры, на a_2 – отклонения расположения.

На практике эскизы часто имеют форму a_1 при которой размеры расположения подразумеваются. Отсутствие размерной связи расположения делает эскиз незаконченным. Как минимум необходима запись в технических требованиях: «Неуказанные отклонения расположения по ... степени

ТОЧНОСТИ».

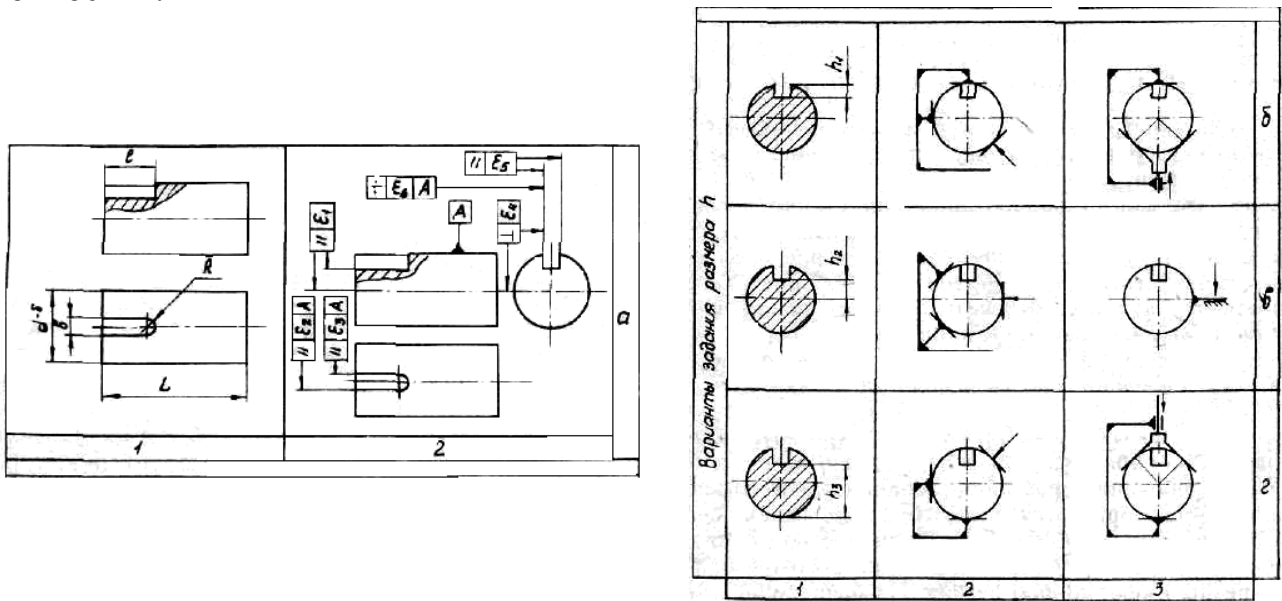


Рисунок 3.4 – Графические задания (слева) и соответствующие им принципиальные схемы (справа) разрабатываемого приспособления

В левом столбце 1 (рисунок 3.4) показаны возможные варианты задания размера h_1 , h_2 , h_3 . В среднем столбце соответствующего горизонтального ряда изображены принципиальные схемы установочного элемента приспособления. На настроенном на линейный размер станке, каждая из приведенных схем обеспечивает определенные погрешности базирования (установки) в зависимости от конкретной схемы.

Погрешность будет изменяться от 0 (при совпадении технологической и измерительной базы) до 1δ (при базировании на плоскость) и $1,21\delta$ (при базировании на плоскость), где δ – допуск на диаметр.

В правом столбце (рисунок 3.4) показаны принципиальные схемы, которые обеспечивают симметричность расположения паза с минимальным отклонением, так как здесь осуществляется базирование по скрытой базе - плоскости симметрии валика. Настроенный станок с таким приспособлением будет давать минимальное отклонение.

Минимизация ε_1 , ε_2 , ε_3 обеспечивается параллельностью основной и вспомогательной баз приспособления. Они ранее показаны в статической схеме приспособления. Погрешность ε_4 и ε_5 зависит преимущественно от установки режущего инструмента в системе СПИД [7].

3.5 Базирование и установка режущего инструмента

Базирование инструмента – придание его режущему лезвию (лезвиям) требуемого положения в системе координат металлорежущего станка.

Известно, что форма обработанной на станке поверхности определяется в однолезвийном инструменте вершиной лезвия, а в многолезвийном – взаимным расположением вершин лезвий и огибающей совокупности отдельных ре-

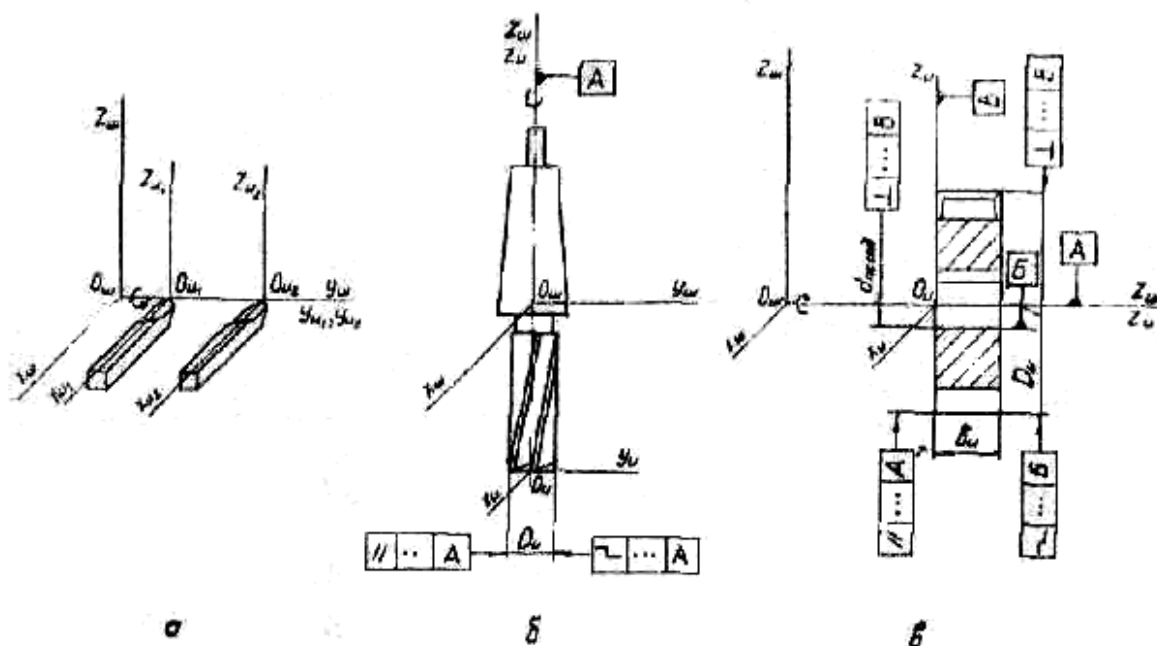
жущих кромок, взаимодействующих с обрабатываемой поверхностью (поверхностями), а также относительным их перемещением при работе.

При однолезвийном инструменте - резце, взаимодействующем с обрабатываемой поверхностью в точке, базирование производится для этой точки. Формообразование поверхности происходит при относительном перемещении инструмента и заготовки. Для канавочных, (отрезных) и фасонных резцов линия лезвия определяет форму получаемой поверхности. Поэтому базирование линии лезвия необходимо.

Многолезвийный инструмент, взаимодействующий с обрабатываемой поверхностью по точке или по линии, имеет номинальную поверхность расположения лезвий.

Поверхность может иметь плоскую форму (торцевая фреза), цилиндрическую (пальцевая, сферическая фреза), коническую (конусные развертки) и другие. Их базирование включает базирование линии проекции номинальных поверхностей расположения лезвий инструмента на плоскость, перпендикулярную направлению подачи или относительному перемещению инструмента и обрабатываемой поверхности заготовки.

Функциональные статические схемы базирования упомянутых инструментов приводятся для примера на рисунке 3.5.



a – резца, *б* – концевой фрезы, *в* – пазовой фрезы

Рисунок 3.5 – Статические схемы базирования инструмента

a – для однолезвийного,

б – для многолезвийного с цилиндрической номинальной поверхностью расположения лезвий,

в – для ломаной образующей номинальной поверхности расположения лезвий.

Статические схемы показывают абстрактное базирование – базирование по скрытым базам. Реальное базирование требует разработки схемы базирования по ГОСТ 21495-76 [13].

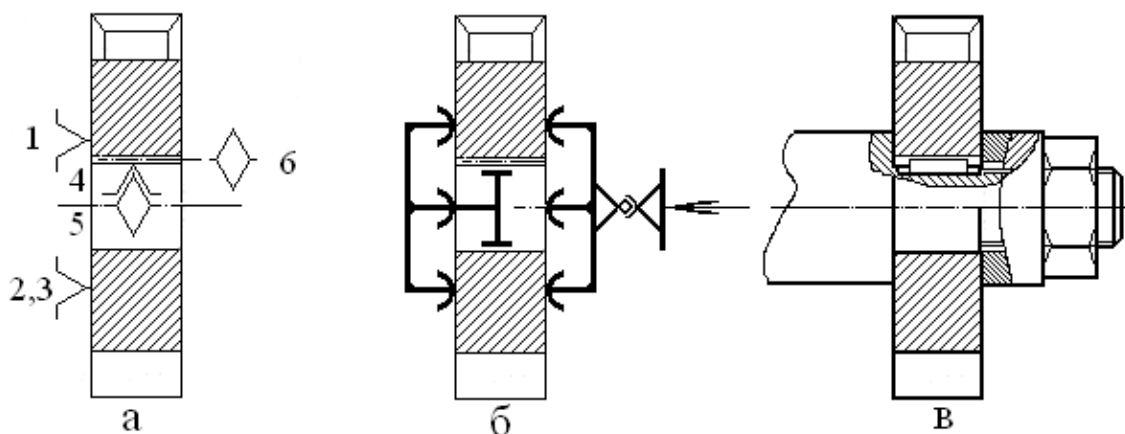
Установка режущего инструмента осуществляется вспомогательным инструментом по явным (реальным) базам. Рациональная конструкция приспособления для реализации установки может быть разработана на основе рациональной принципиальной схемы агрегата рабочего органа.

Рассмотрим задачу: найти рациональную принципиальную схему установки инструмента, соответствующую статической схеме, показанной на рисунке 3.5 в.

На рисунке 3.6 приведена последовательность этапов поиска принципиальной схемы установки пазовой фрезы на конструируемую оправку (приспособлении).

На рисунке 3.6 а показана схема реального базирования. На эскизе фрезы показаны установочная и направляющая базы (опорная не обозначена). Размерная связь расположения баз должна реализовать базирование соответственно заданию статической схемы (рисунок 3.4 в).

На рисунке 3.6 б показана принципиальная схема рабочего органа приспособления, реализующего установку пазовой фрезы в приспособлении. Рабочий орган содержит базирующий и прижимной элементы. В базирующем установочная и направляющая базы представляют собой жесткую систему, прижимной элемент – шарнирный. Это вызвано необходимостью обеспечения непрерывности контакта вспомогательной базы приспособления с основной базой инструмента (фрезы).



а – схема базирования,

б – принципиальная схема,

в – вариант реализации в конструкции

Рисунок 3.6 – Последовательность разработки принципиальной схемы приспособления для установки фрезы

На рисунке 3.6 в показан эскиз возможного варианта конструкции

агрегата рабочего органа приспособления, реализующего принципиальную схему (рисунок 3.6 б).

3.6 Разработка принципиальной схемы силового механизма.

Выбор привода

Функциональной задачей передаточного (силового) механизма, является преобразование силы, направления и скорости перемещения штока привода в силу, направление и скорость перемещения контактного элемента рабочего органа, обеспечивающего выполнение приспособлением своего служебного назначения.

Требованием к результату функционирования приспособления является закрепление инструмента, заготовки или изделия в базирующем элементе приспособления, обеспечивающее установку с минимальной погрешностью, то есть в соответствии с требованиями реализации.

В передаточных механизмах (без учета потерь энергии на трение) сила увеличивается (уменьшается) на выходе механизма во столько же раз, во сколько уменьшается (увеличивается) путь (перемещение).

По принципу преобразования входных (ведущих) характеристик в выходные (ведомые) к настоящему времени, как это ни странно, известны всего три основных «первоэлемента»: рычаг, шток, клин. Все кинематические элементы механизмов в той или иной форме содержат их сочетание друг с другом и с формой их относительного перемещения.

Рычаг, шток, клин называются элементарными зажимными механизмами (ЭЗМ), а их сочетания - комбинированными зажимными механизмами (КЗМ).

3.6.1 Вариации формы «первоэлементов» механизма трансмиссии

Каждый из «первоэлементов» элементарных зажимных механизмов, имеет ряд форм исполнения, которые видоизменяют характер действия, сохраняя свой принцип. Формы отличаются статической (размерной) связью его основной и вспомогательной конструкторских баз, а также формой самих баз.

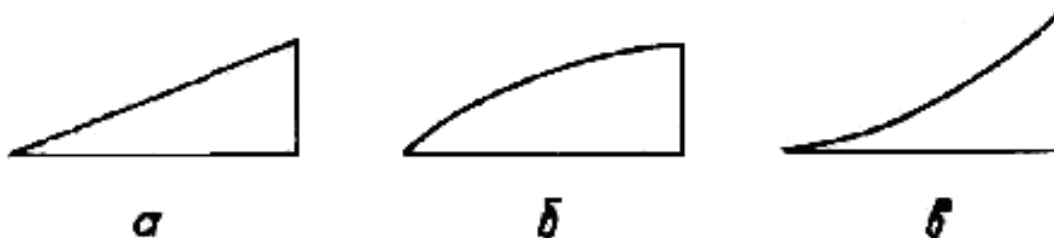
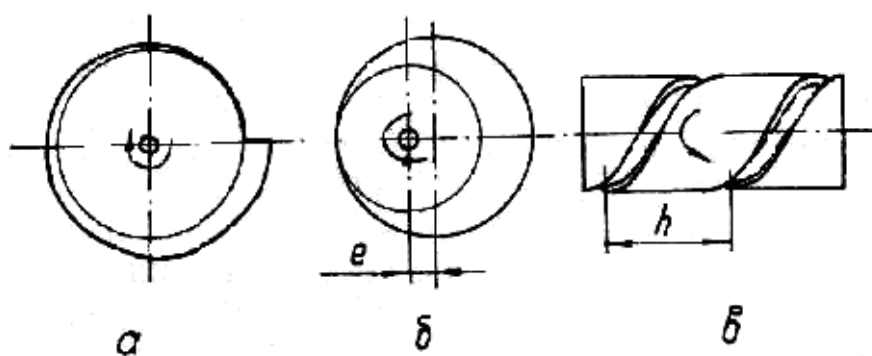


Рисунок 3.7 – Призматический клин

Функциональные базы «первоэлементов» могут быть прямолинейными и криволинейными. Рисунок 3.7 иллюстрирует разные формы баз клина: *a* – прямолинейный клин, *б* – криволинейный выпуклый, *в* – криволинейный вогнутый. Все три эти формы относятся к клину, но каждая из форм вспомога-

тельной базы может иметь разную статическую (размерную) связь с основной базой.

Статическая связь вспомогательной базы с основной конструкторской, кроме линейной, может быть и радиальной. На рисунке 3.8, *a* показана радиальная связь, то есть клин образуется изменением радиуса по мере увеличения угла поворота радиуса. Примеры радиальной связи: радиальные кулачки, эксцентрики (рисунок 3.8, *б*) и т.п. Сочетание линейного клина с радиальным образует спиральный клин (рисунок 3.8, *в*).



a – кулачок, *б* – эксцентрик, *в* – спиральный

Рисунок 3.8 – Радиальные клинья

3.6.2 Выбор элемента механизма передачи

Механизмы образуются при кинематической связи двух (реже нескольких) «первоэлементов» с размерной статической связью их вспомогательных и основных конструкторских баз. Преобразование перемещений по виду, направлению и величине определяется формой и статической связью «первоэлементов».

На рисунке 3.9 изображены схемы элементов механизма. Каждый из них имеет ведущее и ведомое кинематические звенья, представленные той или иной формой «первоэлемента».

Форма перво- элемента	Клин			Рычаг			Шток			
	№	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Клин	1				2			3		
Рычаг	2				3					
Шток	3									

Рисунок 3.9 – Схемы элементов механизмов

В первом столбце приведены примеры сочетаний:

1) клин – клин; 2) клин – рычаг; 3) клин – шток;

во втором:

1) рычаг – клин; 2) рычаг – рычаг; 3) рычаг – шток;

в третьем:

1) шток – клин; 2) шток – рычаг; 3) шток – шток.

В приведенных примерах «первоэлементы» представлены:

в первом столбце – 1) спиральными клиньями (резьбой); 2) осевым клином (призматическим) и рычагом; 3) радиальным клином (кулачком) и штоком;

во втором – 1) рычагом и клином; 2) зубчатой передачей, так как она представляет взаимодействие двух рычагов с переменными поверхностями контактирования, 3) реечной передачей, так как рейка – это шток с переменными контактирующими поверхностями рычага – зубчатого колеса;

в третьем – 1) штоком – спиральным клином (копир); 2) штоком – рычагом; 3) штоком осевым – штоком радиальным.

Схемы элементов механизмов (рисунок 3.9) можно изобразить в виде «матриц открытия» А. Моля (рисунок 3.10).

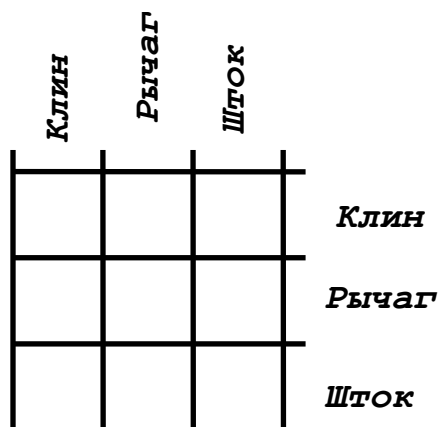


Рисунок 3.10 - «Матрица открытия» элементов механизма

Преимущества такого изображения в том, что абстрактно записанная схема подразумевает использование в элементе механизма разнообразие форм исполнения «первоэлементов» в каждой ячейке (для клипа, например, можно назвать призматическую, радиальную, спиральную форму. Для каждого из них – с прямолинейной рабочей поверхностью, с выпуклой, вогнутой и т. д.). Это позволяет каждую ячейку рассмотреть как «матрицу открытия» с признаками элементов – рабочих поверхностей.

Тогда разнообразие сочетаний в элементе механизма возрастает (рисунок 3.11).

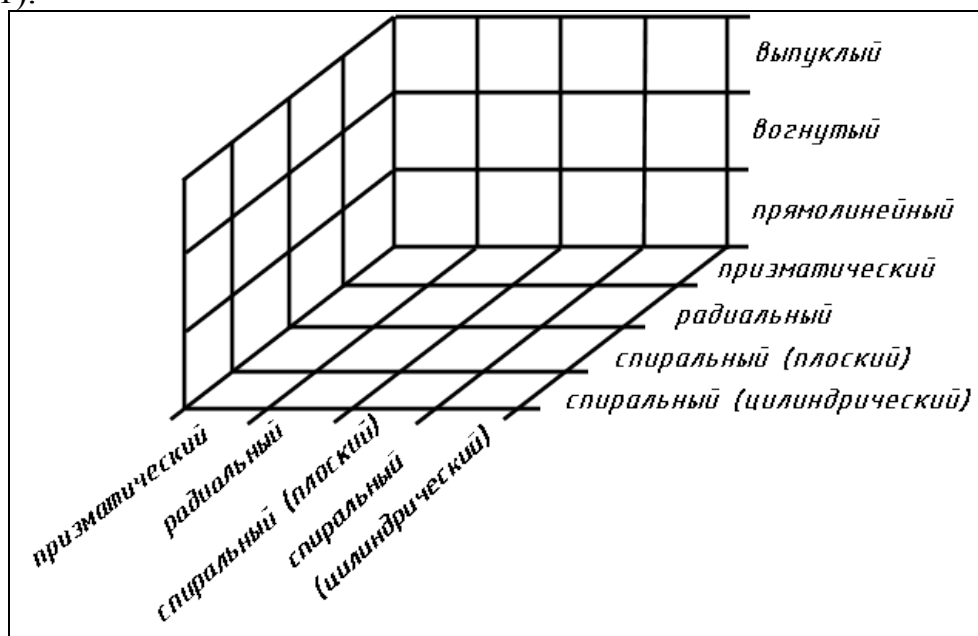


Рисунок 3.11 - Морфологический ящик структуры «первоэлементов»

Однако этим не исчерпывается число вариаций «первоэлементов» в элементах механизмов. Они еще могут иметь разные формы кинематической связи: поступательное, вращательное и колебательное перемещения. Кратно перечисленным признакам увеличивается число вариаций. Упрощенный

морфологический ящик, учитывающий формы кинематической связи «первоэлементов» в элементах механизмов, приводится на схеме (рисунок 3.12).

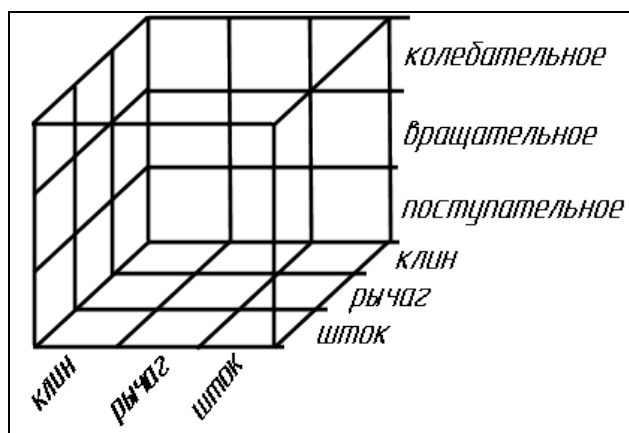


Рисунок 3.12 – Морфологический ящик «первоэлементов» и формы их перемещения

Добавление к элементу механизма дополнительного кинематического звена любой формы, его связи с элементарными механизмами образует еще большее разнообразие простейших кинематических цепей.

Умение в любом, доселе не известном нам механизме увидеть форму трех основных «первоэлементов» и вид их функциональной связи определяет системность инженерного подхода, а владение техникой их варьирования для построения функциональной схемы, обеспечивающей требования служебного назначения – творческое мастерство инженера-механика.

3.6.3 Выбор привода

Привод представляет собой один из агрегатов приспособления. Его функциональной задачей является служить источником перемещения и усилия, передаваемых трансмиссией для закрепления заготовки, инструмента или изделия.

В качестве ручного привода используются маховичок, рукоятка и ключ. В механизированном приводе применяют гидравлический, пневматический, электрический, магнитный двигатель или их сочетание.

При конструировании приспособления разработку агрегата привода не производят: его выбирают соответственно потребной мощности из выпускаемых промышленностью, по имеющимся стандартам. В исключительных случаях, когда не представляется возможности выбрать из стандартных, производится разработка специального привода. Тогда в них максимально применяются стандартные детали.

4 Новизна технических решений при конструировании приспособлений и их патентная защита

Научно-техническая революция нашего времени требует, чтобы технические решения выполнялись на уровне лучших известных в мировой практике образцов. Каждая такая разработка представляет собой шаг технического прогресса.

При проектировании приспособления от конструктора требуется так решить техническую задачу, чтобы найденная конструкция наилучшим образом, отвечала ее требованиям.

Поэтому процесс конструирования должен включать все ранее рассмотренные этапы. В результате может и должна родиться конструкция, по-новому решающая техническую задачу, дающая новый положительный эффект при ее использовании в производстве. В зависимости от оригинальности и степени новизны технического решения оно может оказаться выполненным на уровне изобретения.

Изобретением признается новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны страны, дающее положительный эффект.

Объектом изобретения в нашем случае может быть устройство, способ¹ или применение ранее известных устройств, способов по новому назначению. Приспособления относятся к устройствам. Также к устройствам, как к объектам патентной защиты, относится и любой его конструктивный элемент.

Решение признается обладающим существенными отличиями, если по сравнению с решениями, известными в науке и технике на дату приоритета заявки, оно характеризуется совокупностью новых признаков. Совокупность признаков в нашем случае, то есть применительно к приспособлениям, могут составлять или структурные признаки, или функциональные связи элементов, или и то и другое вместе. Эти признаки могут относиться как к устройству в целом, так и к отдельному элементу любого порядка сложности (рисунок 2.1).

Новизна решения при конструировании может заключаться в применении новой формы конструктивного элемента, в новом сочетании элементов, а также в форме их связи – статической, кинематической, динамической.

4.1 Функциональные задачи при конструировании приспособлений

Основной функциональной задачей станочного приспособления является обеспечение точности размерной связи обрабатываемых заготовок. Если эта функция не выполняется или выполняется не полностью, то отсутствует по-

положительный эффект разработки. Значит, требование обеспечения заданной точности обработки является тем обязательным условием для разработки конструкции любого приспособления, которым нельзя поступиться.

Заданная точность при выполнении разных технологических операций различна. Поэтому если снижение точности не допускается, то повышение точности всегда является результатом положительным, желанным. Следовательно, повышение точности обработки в проектируемом приспособлении может быть одной из основных задач конструирования приспособления – его положительным эффектом.

Считают, что схема базирования заготовки или изделия (рисунок 3.3), заданная технологом, служит заданием на конструирование приспособления. Однако если она и служит общим заданием, то только на рабочий орган приспособления. Но она никоим образом не касается ни передачи, ни привода.

Реализация общей схемы базирования осуществляется довольно разнообразно при проектировании рабочего органа приспособления, с разным уровнем положительного эффекта.

Перед началом проектирования приспособления любого назначения конструктор знакомится с известными решениями аналогичного назначения и наиболее близкими по принципу решения технической задачи. Первые из них принято называть аналогами, вторые – прототипами.

Располагая сведениями и представлением о разработках подобного рода устройств, конструктор отдельные принципы (признаки) решения технической задачи сохраняет, использует в разрабатываемой конструкции, а другие показатели ставит задачей выполнить на более высоком техническом уровне. Это требует от конструктора разработки новых принципов действия или формы связи, или того и другого в устройстве.

В качестве цели процесса конструирования, как правило, выбирается повышение точности обработки или улучшение того или другого показателя соответствия конструкции ограничительным условиям (раздел 3.2), например:

- улучшение результата функционирования – повышение точности обработки заготовки или изделия, точности установки;
- улучшение технического показателя – простоты, компактности, технологичности; расширение технологических возможностей;
- улучшение экономического показателя – снижение трудоемкости, повышение производительности, снижение себестоимости;
- улучшение социального показателя – безопасности, простоты обслуживания, наладки, замены ручного труда механизированным, а механизированного автоматизированным;
- улучшение эксплуатационных качеств – надежности, безотказности, ресурса и т.д.,

В отдельных случаях ставится задача достижения не одной цели, а сочетания нескольких.

4.2 Ядро решения конструкторской задачи

Конструкция всякого технического устройства характеризуется структурой и видом связи его структурных элементов.

Одна конструкция отличается от другой числом, формой и сочетанием в ней структурных элементов или видом их функциональной связи (статической, кинематической, динамической), а чаще структурой и связью одновременно.

Любая цель, поставленная при проектировании нового устройства, приспособления, может быть достигнута только путем нахождения соответствующих структуры и связи элементов. Они составляют ту совокупность признаков, которая характеризует устройство как единую систему.

Как вести поиск? Однозначного ответа на этот вопрос нет. Изыскательский подход индивидуален. Разные подходы к поиску новых технических решений изложены в разд. 1.4, а диалектический подход – в третьем разделе. Общие их положения таковы:

- полная свобода от психологического барьера и инерции;
- поиск сопровождается фиксированием и изложением идеи на каждом этапе (схема, эскиз, чертеж);
- исключение поспешности и суматохи в поиске;
- ознакомление с решениями, аналогичными и близкими по сути поставленной задачи;
- поиск решения задачи, а не изобретения. Изобретение придет само.

Как ведется поиск?

Исключительно редки случаи, когда решается конструкторская задача, которая доселе не ставилась или не имела бы аналогов. Конструктор на первом этапе разработки знакомится с решениями аналогичными и близкими к решаемой задаче по назначению.

Анализ аналога и прототипа помогает выявить, какую задачу они не решают или решают не полностью. Определяют какие конструктивные дополнения или изменения следует внести или необходимо разработать новое конструкторское решение.

Внесенные в конструкцию прототипа дополнительно элементы или изменения структуры или формы связи его элементов, обеспечивающие достижение поставленной конструктором задачи (цели) являются ядром конструкторского решения. Решение может быть достигнуто на основе полной перестройки прототипа. Каждый из конструктивных признаков или их сочетание в любом техническом устройстве составляет его отличительную особенность.

Если дополнительный или измененный конструктивный элемент (элементы) или форма их связи придают новые или лучшие признаки результату функционирования устройства, то такая конструкция должна пройти патентное исследование. Оно заключается в том, что производят ее сравнение с известными решениями такого назначения по патентной и технической ли-

тературе. При выявлении существенной новизны решения технической задачи и полезности результата ее функционирования, конструкция или ее принципиальная схема должны быть заявлены в качестве изобретения.

Оформление заявки на предполагаемое изобретение выполняется по специальной форме в соответствии с инструкцией на оформление заявок на изобретение [3]. Помощь в оформлении заявки может быть оказана патентной службой учреждения или предприятия, в которых выполнена разработка.

Наиболее трудным в оформлении заявки является выявление предмета патентной защиты в разработанном устройстве. Без предмета патентной защиты невозможно построить формулу изобретения – краткую словесную характеристику, выражающую техническую сущность изобретения.

Нередки случаи, когда разработанное устройство, приспособление по совокупности признаков соответствует уровню изобретения, а заявка на него не оформляется или устройство заявляется, но не проходит патентную защиту – отклоняется. Причина в неумении выявить и показать те признаки, которые являются главными в устройстве, определившими решение поставленной технической задачи.

Лучше других может выявить существенный признак конструктивной разработки конструктор. Поэтому он должен уметь выявлять предмет патентной защиты в конструкторских разработках.

4.3 Метод выявления предмета патентной защиты в устройстве

Обычно конструктор не ставит задачу изобрести. Он ищет конструкторское решение технической задачи в таком качестве, в каком она наилучшим образом выполняет заданную функцию. Поиск решения ведется или путем мыслительного определения варианта с последующим его сравнением с известными такого рода решениями, или сначала конструктор знакомится с известными аналогичными решениями, а потом их совершенствует. В первом случае проявляется индивидуальность и инициатива исполнителя. Но в обоих случаях *работа начинается с изыскания принципа действия будущей конструкции.*

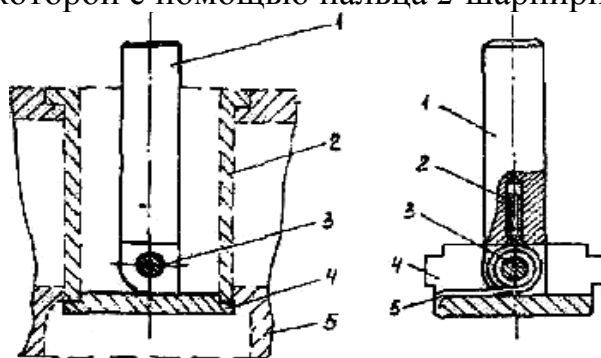
Изыскание принципа действия искомой конструкции подчинено цели, которая должна быть достигнута в результате проектирования. Сознательно или, подсознательно, но конструктор *общую цель, которую надо достигнуть, разделяет на отдельные составляющие ее элементы.* Сообразно элементам цели ищутся элементы необходимых действий, которые должны осуществить отдельные элементы будущей принципиальной схемы или конструкции устройства. Для получения нужного результата действия выбираются вид и последовательность действий отдельных элементов. Определяется число, форма и вид связи структурных элементов разрабатываемого устройства. В совокупности они составляют предмет возможной патентной защиты устройства. Эти особенности конструкции, (схемы) надо раскрыть, представляя к патентной за-

щите устройство.

Изложенные положения представляются и общими, и абстрактными. Уместно обратить внимание на следующее - значительная часть конструкторов, инженеров и начинающих творческую инженерную деятельность специалистов имеют неверное представление об изобретении.

Изобретение в их представлении рисуется чем-то необыкновенно структурно сложным с большим числом и разнообразием связей в одном устройстве. Можно повторить, что в конструкторской разработке устройства предметом защиты может явиться любой структурный элемент вплоть до самого простого – детали, а новым (новизной) – изменение только ее формы, не исключая и более сложные разработки. Необходимо рассеять безосновательный страх перед понятием изобретения у тех, кто ими еще не занимался или только включается в эту работу.

Рассмотрим рисунок 4.1. Имеется тяга–надставка к силовому приспособлению для выпрессовки гильзы 4 из корпуса 5. Она представляет собой штангу 1, на которой с помощью пальца 2 шарнирно закреплена пята 3.



a)

б)

a – прототип; *б* – патентоспособное техническое решение

Рисунок 4.1- Совершенствование известного устройства

Для выпрессовки гильзы 4 надо завести пята 3 за тыльную часть гильзы 4, установить в рабочее положение, как показано на рисунке 4.1, *a*, и, приложив усилие к штанге, выпрессовать гильзу 4. Но тыльная часть гильзы недоступна для руки, поэтому установка пяты 3 в рабочее положение сложна и требует значительных затрат времени. Задача установки упрощается если пята после завода ее за гильзу занимала положение, перпендикулярное штанге 1.

На рисунке 4.1 *б* показано решение задачи. В конструкцию пяты, на рисунке 4.1 *a*, введен дополнительный конструктивный элемент – рычажная пружина 5 один конец которой закреплен на штанге, а другой упирается в поверхность пяты, обращенную к штанге. Это позволяет после прохода полости развернуть пята под действием пружины автоматически.

Каковы здесь цель и предмет возможной патентной защиты?

Целью, очевидно, надо считать самоустановку пяты в рабочее положение, что обеспечивается разработанной конструкцией. Предмет защиты то, что обеспечивает достижение цели.

В устройстве изменилась структура: введен дополнительный конструктивный элемент - пружина. Следовательно, появились новые формы связи этого элемента с другими в разработанной системе. Как пружина связана с другими элементами? Со штангой – жестко, а с пятой – неразрывным контактом (опорой). Вот эта совокупность может составить предмет возможной патентной защиты. Предмет патентной защиты может быть изложен, в следующей редакции: *Тяга – надставка – снабжена пружиной* (чего нет в прототипе), один конец которой закреплен на штанге, а другой упирается в поверхность пяты, обращенную к штанге.

Редакцию изложения формулы изобретения лучше сделают специалисты – патентоведы. Но им нужно, чтобы автор раскрыл предмет разработки, а значит и защиты.

4.3.1 Изложение (редакция) формулы изобретения

Всякая конструкторская разработка (устройство) представляет собой систему составляющих ее структурных элементов разного порядка сложности, находящихся в определенной взаимной связи.

Структура и связь элементов являются признаками, характеризующими разного порядка сложности элементы устройства, а их совокупность – устройство в целом как систему.

Конструкторское решение еще на этапе разработанной принципиальной схемы должно, быть проанализировано на наличие новизны.

В чем заключается анализ?

Он ведется путем сопоставления разработанного устройства с устройством, на базе которого проектировалось новое. В ходе анализа все структурные элементы и их связи разделяются на две группы. К одной из них относят те, которые имеет базовое устройство. Его, кстати, принято называть прототипом (аналогом). Ко второй группе относят те, которые или не имеются в прототипе, или изменены. Вторая группа элементов оценивается по значимости их влияния на изменение функции служебного назначения изделия в целом, по показателю обеспечения задачи конструирования, то есть цели, для достижения которой разрабатывалось устройство. Если без этих признаков (элементов или связей) цель не может быть достигнута, то они и являются ядром решения, его новизной. А предметом патентной защиты будет совокупность известных и новых признаков. Если эта совокупность признаков устройства обеспечивает цель, а значит и новый положительный эффект, предусмотренный целью, и выполнена впервые, то такая разработка должна быть заявлена как изобретение для патентной защиты.

Формула изобретения должна представлять краткое описание цели и всей совокупности признаков устройства, необходимых и достаточных для

реализации поставленной конструкторской задачи (цели), которая соответственно обеспечивает получение нового положительного эффекта от использования устройства.

Формула изобретения включает в свою структуру три основных части: ограничительную, целевую и отличительную – и излагается в указанной последовательности.

Ограничительная часть включает в свой текст вначале название изобретения (конструкторской разработки), затем перечень структурных элементов прототипа, которые содержит устройство, как необходимые для выполнения его функции, то есть без которых не может быть выполнена целевая функция.

Целевая часть содержит изложение цели, которая достигается конструкторской разработкой. Вначале указывается одна главная цель, ради достижения которой разработано устройство, а затем при необходимости может быть указана и сопутствующая цель, которая обеспечивает дополнительный положительный эффект устройства. В целевой части после изложения цели часто для большей ясности указывается, каким путем достигается главная цель.

В отличительной части дается краткая словесная характеристика известных и новых структурных элементов или их связи (или того и другого), которые отличают защищаемое конструкторское решение от прототипа, обеспечивают достижение цели и, в связи с этим, полезность разработки и положительный эффект от его использования. Они составляют предмет патентной защиты устройства.

Анализ разработанного устройства лучше вести сначала отдельно по каждой части, четко выявить существенные признаки каждой части и только потом редактировать формулу в целом. Сама работа над анализом элементов формулы трудоемка, требует напряженного внимания и тщательности отработки: она защищает авторское право на выполненную разработку.

Другие дополнительные подробности по редакции формулы изобретения изложены в нормативных актах [3].

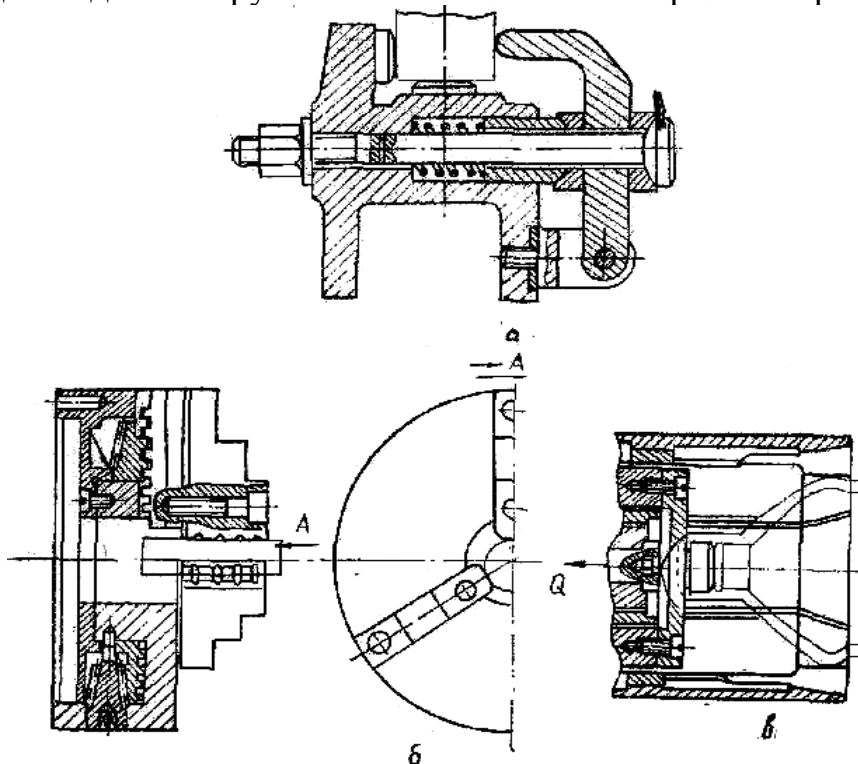
Окончательную редакцию формулы выполняют специалисты патентной службы, а раскрыть ядро решения, показать главные структурные отличия и особенность формы связи структурных элементов – задача автора-разработчика.

5 Методы разработки чертежа общего вида

5.1 Установка заготовки в приспособлении

Установка заготовки в приспособлении производится одним из трех способов: с базированием по явным базам, по скрытым базам или по сочетанию скрытых баз с явными. В первом случае заготовка опирается базовыми поверхностями на опорные элементы приспособления и прижимается к ним

прижимным (прижимными) элементом. Опорные элементы при этом имеют жесткую статическую связь с корпусом приспособления. Пример такого базирования показан на рисунке 5.1 *а*. Здесь рабочий орган приспособления включает два вида конструктивных элементов: опорные и прижимные.



а – явная база (прихватного типа);

б – скрытая база (трехкулачковый самоцентрирующий патрон);

в – сочетание скрытых баз с явными (цанговый патрон с торцевым упором)

Рисунок 5.1 – Базирование деталей в приспособлениях

При установке с базированием по скрытым базам к поверхностям заготовки, связанным размерами расположения с ее скрытой базой, синхронно подводятся с разных сторон зажимные элементы и закрепляют заготовку в приспособлении. При этом зажимные элементы являются одновременно и опорными. В рабочий орган такого приспособления (рисунок 5.1 *б*) входят элементы, имеющие кинематическую связь с корпусом приспособления.

При установке с базированием по сочетанию скрытых баз с явными к поверхностям, размерно-связанным со скрытой базой, подводятся опорно-зажимные элементы, а явной базой заготовка опирается на опорный элемент приспособления.

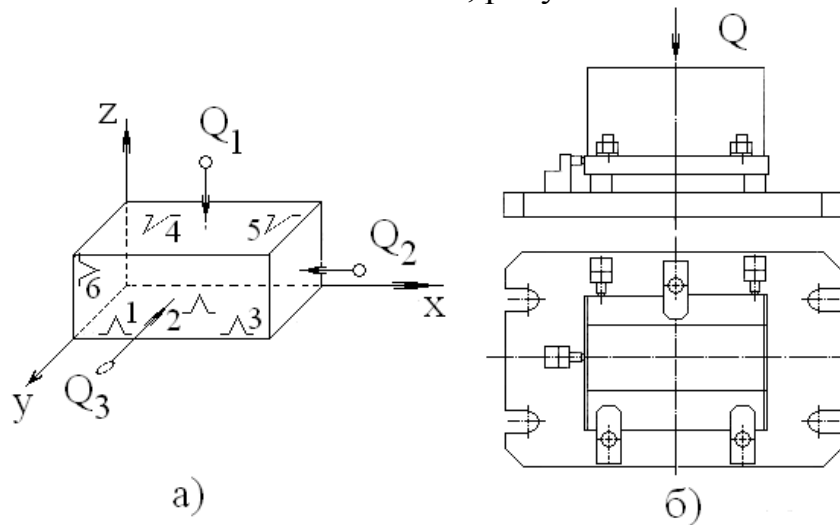
Первые элементы кинематически, а вторые статически связаны с корпусом приспособления (рисунок 5.1 *в*).

5.1.1 Установка заготовки по явным базам

Явная база заготовки, согласно ГОСТ 21495-76, представляет собой реальную поверхность, разметочную риску или точку пересечения рисок. При установке заготовки в приспособлении по явным базам используются ее базы в виде реальных поверхностей. Установка выполняется путем обеспечения непрерывного контакта основных баз заготовки с вспомогательными базами приспособления.

Вспомогательными базами приспособления являются элементы, которые жестко связаны с его корпусом. Непрерывность контакта основных баз заготовки с вспомогательными базами приспособления обеспечивается приложением зажимных усилий в направлении вспомогательных баз приспособления. Вспомогательные базы приспособления служат опорами установленной в нем заготовки. Заготовка в приспособлении должна быть лишена шести степеней свободы (правило шести точек).

Установка заготовки в приспособлении представляет собой совмещение системы координат комплекта основных баз заготовки с системой координат комплекта вспомогательных баз приспособления и закрепление заготовки в таком положении, рисунок 5.2.



а)

б)

a – схема; *б* – приспособление

Рисунок 5.2 – Установка заготовки по явным базам

На рисунке 5.2 а показана схема установки прямоугольной призматической заготовки, установленной на опоры, расположенные на координатных плоскостях. В направлении каждой из плоскостей показаны силы, прижимающие заготовку к опорам. На рисунке 5.2 б показана схема приспособления, реализующая заданную схему базирования.

После закрепления заготовки образуется статическая система: приспособление – заготовка, в которой составляющие силы закрепления Q являются внутренними силами системы.

Точечные опоры в приспособлениях выполняются в виде установочных элементов с ограниченной поверхностью контакта (ГОСТ 13440-68). При чисто обработанных базах заготовку устанавливают на штыри с плоской несущей поверхностью, а при значительной массе - на опорные пластины (ГОСТ 4743-68).

Точность установки заготовки в приспособлении характеризуется величиной отклонения расположения комплекта основных баз заготовки или их системы координат от расположения комплекта вспомогательных баз приспособления или их системы координат. Поэтому при базировании заготовки в приспособлении должно обеспечиваться совмещение комплекта ее основных баз или их системы координат с комплектом вспомогательных баз или их системой координат приспособления и неизменность их положения при закреплении заготовки в приспособлении.

5.1.2 Базирование и установка заготовки по скрытым базам

В графическом конструировании при построении чертежа изделия пользуются скрытыми базами, которые, согласно ГОСТ 21495-76, представляют собой точки, геометрические оси, плоскости симметрии. Под скрытым базированием следует понимать придание скрытой базе или комплекту скрытых баз требуемого положения в избранной системе координат.

В машиностроении применяются механизмы со сложной пространственной связью кинематических звеньев. Размерная связь расположения исполнительных поверхностей в конструкциях (чертежах) таких устройств, как правило, задается по скрытым базам - точкам, геометрическим осям, плоскостям. Это обстоятельство ставит перед технологом задачу разработки технологии и обеспечение точности размерной связи исполнительных поверхностей по скрытым базам, что позволяет обеспечить заданную точность размерных связей поверхностей обрабатываемого объекта.

Использование скрытых баз в технологических процессах машино- и приборостроения не только повышает точность изделий со скрытыми конструкторскими базами, но равномерно распределяет припуск на обработку заготовок, повышает точность ориентации деталей на сборочных и контрольно-измерительных операциях.

5.1.3 Комплект скрытых баз

Простейшей скрытой базой является точка. Геометрическая ось и плоскость – их производные. Положение геометрической оси определяется двумя точками, плоскости – тремя точками, не лежащими на одной прямой.

Геометрическая точка является скрытой базой только в том случае, когда она принадлежит или приписывается телу заготовки или изделия и тем определяет свое место в нем. При наложении геометрических связей на точку (скрытую базу) тело лишается трех степеней свободы – перемещений вдоль осей координат и имеет 3 степени свободы – вращения вокруг этой точки. Точка – база в этом случае сохраняет свое положение.

Наложение геометрических связей на геометрическую ось осуществляется наложением геометрических связей на две точки, определяющие ее положение в пространстве. Это соответствует базированию по двум скрытым базам-точкам. Одна из связей второй точки-базы является внутренней – связью с первой точкой – базой; две другие ее связи лишают тело еще двух степеней свободы – вращения вокруг двух координатных осей. В результате базирования по геометрической оси, что соответствует базированию по двум скрытым базам – точкам, тело лишается пяти степеней свободы: трех перемещений и двух вращений. Тело имеет одну степень свободы – вращение вокруг геометрической оси, проходящей через две скрытые базы – точки.

Наложение геометрических связей на скрытую базу – плоскость осуществляется наложением геометрических связей на три скрытые базы – точки, определяющие ее положение в пространстве, или на геометрическую ось и точку. Две геометрические связи третьей точки – базы являются внутренними связями ее с двумя, первыми точками – базами, третья ее связь лишает тело еще одной степени свободы – вращения вокруг геометрической оси, определяемой двумя первыми точками - скрытыми базами.

Наложение геометрических связей на три не лежащие на одной прямой точки – скрытые базы лишает тело (заготовку или изделие) всех шести степеней свободы. Значит, три скрытые базы – точки, не лежащие на одной прямой, составляют комплект скрытых баз.

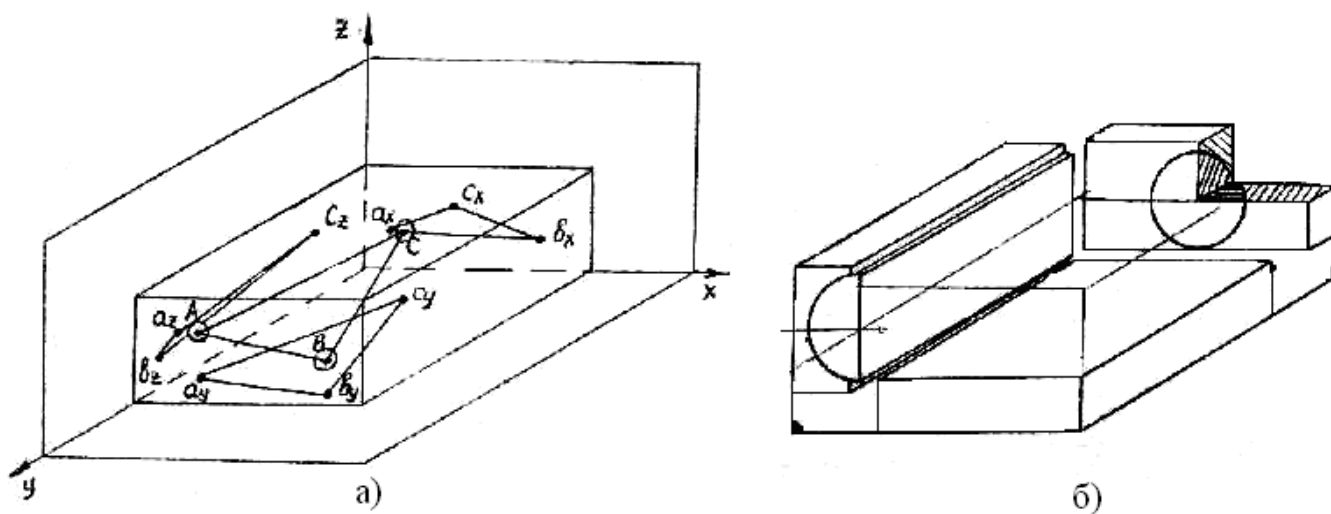
5.1.4 Связь скрытых баз с явными

Каждую из явных баз комплекта (установочную, направляющую и опорную) составляют три, две и одна опорные точки, расположенные на реальной поверхности - явной базе заготовки или изделия. Опорная точка символизирует одну из связей заготовки или изделия с избранной системой координат.

Скрытая база-точка может быть задана (указана) в любом месте заготовки или изделия. На рисунке 5.3 *a* показана призматическая деталь с произвольно, выбранными скрытыми базами-точками *A*, *B*, *C*,

составляющими комплект скрытых баз. Деталь базируется в системе координат $OXYZ$. Последняя является также координатной системой детали, как показано на рисунке 5.3 *а*. Каждая точка – скрытая база имеет проекции на каждую из трех смежных граней детали, совпадающих (совмещенных) с плоскостями системы координат. Названные грани детали имеют по три точки проекции.

Три точки – проекции любой грани могут представлять собой три точки – скрытые базы (как частный случай их расположения) или три опорные точки. В первом случае они представляют собой комплект скрытых баз, во втором – одну из явных баз комплекта. В общем случае точки-проекции представляют собой точки, определяющие положение плоскостей – граней детали, и для образования комплекта явных баз необходимы проекции на три грани, одна из которых должна представлять установочную, вторая – направляющую и третья – опорную базы. Полагая грани – базы заготовки – имеющими геометрически правильные форму и расположение и приняв плоскости системы координат в качестве вспомогательных баз приспособления, будем иметь теоретический случай, когда контакт баз обоих комплектов происходит по плоским поверхностям, определяемым тремя точками каждая. Это случай идеального базирования.



а – теоретическое базирование по трем скрытым базам – точкам;

б – опорные самоустанавливающиеся элементы с плоскими опорами

Рисунок 5.3 – Связь скрытых баз с явными

Проекция скрытой базы-точки, произвольно выбранной поверхности (базы, детали), представляют собой опорные точки явных баз.

Реальные поверхности детали имеют отклонения от геометрически правильной формы и расположения, а опорных точек в комплекте явных баз достаточно шести. Анализ реального базирования детали, изображенной на рисунке 5.3 *а*, показал возможность ее базирования по трем граням - девяти

опорным точкам контакта основных баз детали с вспомогательными приспособления. Один из случаев такого базирования показан на рисунке 5.3 б. Для этого достаточно иметь самоустанавливающиеся элементы направляющей и опорной вспомогательных баз приспособления: первой по скрытой базе — геометрической оси, второй – по точке. Рисунок 5.3 б достаточно нагляден без его описания.

Сообразно распределению кинематических связей по базам их комплекта, опорные элементы приспособления для установки заготовки (рисунок 5.3 а) предпочтительно иметь в форме, показанной на схеме рисунок 5.3 б. Они обеспечивают контакт баз заготовки и приспособления по поверхностям, исключают их замятия от сил закрепления. Здесь направляющая и опорная базы приспособления скрытые: геометрическая ось и точка.

5.1.5 Реализация скрытого базирования

Скрытое базирование осуществляется через реальные поверхности, путем использования их опорных точек, линий, поверхностей.

Скрытая база – точка как основа скрытого базирования в общем случае может быть реализована только посредством других скрытых баз – геометрических осей и плоскостей; геометрическая ось и плоскость (симметрии) – каждая только посредством двух других. Чтобы понять сказанное, обратимся к рисунку 5.4, на котором изображен шар, точка центра которого совмещена с точкой начала координат системы, состоящей из координатных плоскостей P_{xz} , P_{yz} , P_{xy} .

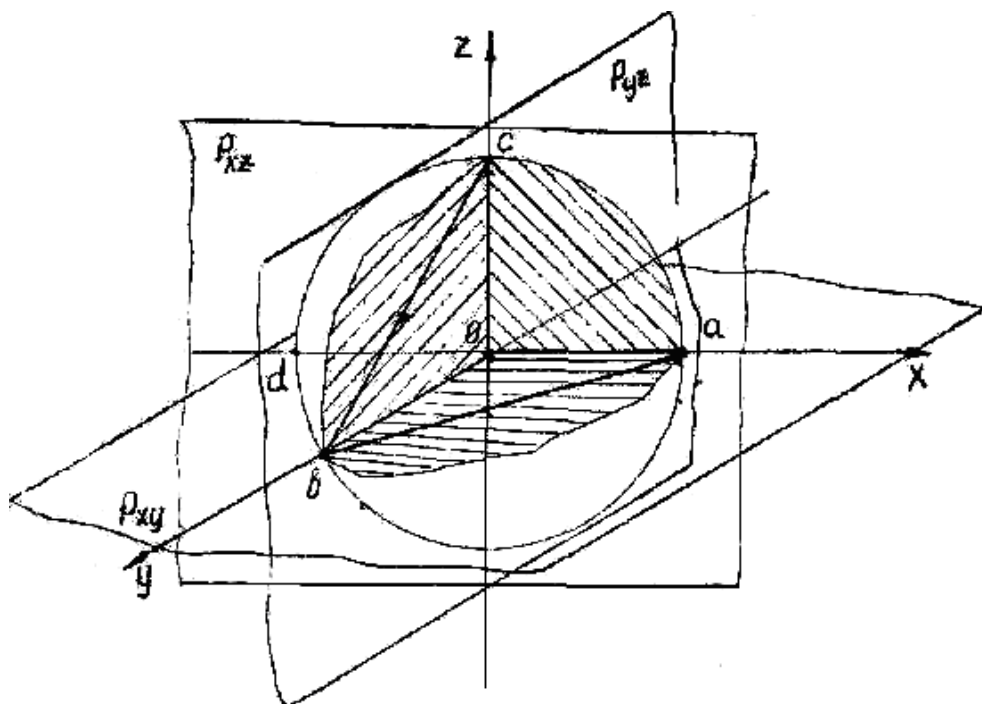


Рисунок 5.4 – Определение скрытой базы через другие скрытые базы

Точка O – скрытая база однозначно определяется 3-мя способами:

- на отрезке прямой ad как точка его симметрии;
- на плоскости (координат) как пересечение двух прямых (осей координат), как центр окружности сечения сферы плоскостью (координат);
- в пространстве как центр сферы (шара), как пересечение плоскости и прямой, пересечение трех плоскостей (симметрии).

Геометрическая ось – скрытая база однозначно определяется двумя точками, через которые можно провести только одну прямую, пересечением двух плоскостей симметрии.

Плоскость (симметрии) скрытая база однозначно определяется тремя точками, точкой и геометрической осью, пересечением двух геометрических осей.

Базирование заготовки или изделия реализуется только путем контакта их поверхностей с соответствующими вспомогательными базами приспособления или базового изделия. Другое дело, явная или скрытая база занимает заданное положение в системе координат в результате базирования.

Скрытое базирование по плоскости симметрии легко реализуется:

– для цилиндрических изделий опорой их на призму или самоцентрированным подводом двух губок, например, тисков. Последнее обеспечивает базирование по плоскости симметрии и призматической детали или заготовки.

Скрытое базирование по геометрической оси реализуется самоцентрированным подводом двух призм (тогда имеем случай пересечения двух плоскостей симметрии), совмещением двух цилиндров или конусов, а также установкой детали или заготовки по двум точкам.

Скрытое базирование по точке реализуется:

для шара:

– самоцентрированным подводом пирамид, конусов, цилиндров;

для цилиндров:

– самоцентрированным охватом призмами (реализуется ось) с самоцентрированным подводом губок к его торцам.

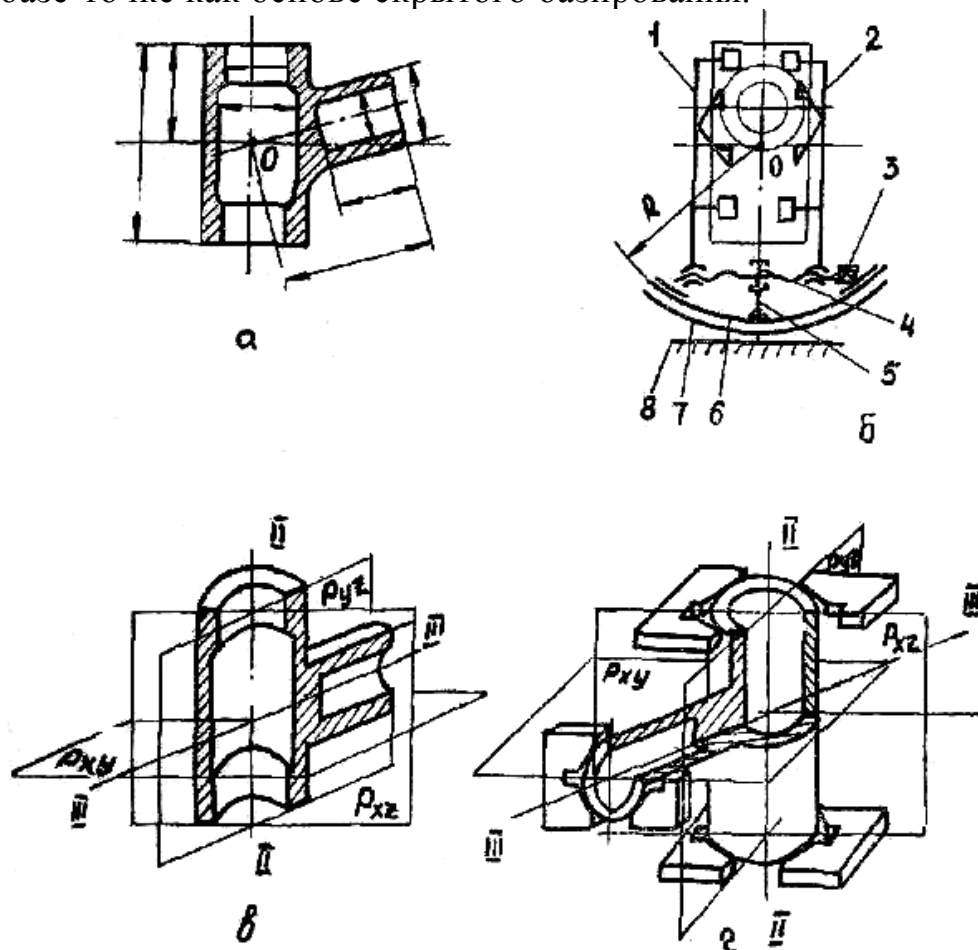
Реализуется точка, как точка симметрии отрезка геометрической оси, ограниченной торцами цилиндра.

5.1.6 Установка по скрытым базам

Установка, согласно ГОСТ 21495-76, представляет собой процесс базирования и закрепления заготовки или изделия. Для установки применяются приспособления. Установку в приспособлении, осуществляют его конструктивные элементы, предназначенные для выполнения этой функции. Такие элементы называют установочными. Они и должны выполняться так, чтобы реализовать установку по скрытой базе.

Конструкция установочного элемента приспособления должна включать в себя столько опорных элементов, сколько обеспечивают установку по скрытым базам, необходимым для реализации данной, а расположение их должно быть таким, чтобы реализованная ими скрытая база при закреплении совпадала со скрытой базой устанавливаемой заготовки или изделия.

Рисунок 5.5 иллюстрирует сказанное применительно к установке по скрытой базе-точке как основе скрытого базирования.



a – заготовка с размерной связью поверхностей от скрытой базы – точке;

б – схема установки по скрытой базе – точке;

v и *z* – аксонометрическое изображение схемы позиций *a* и *б*

Рисунок 5.5 – Реализация установки заготовки по скрытой базе – точке

На рисунке 5.5 *a* изображена заготовка - тройник, конструкторской скрытой базой которого является точка пересечения геометрических осей патрубков, на рисунке 5.5 *б* - установочный элемент, реализующий скрытую установку. Он включает две встречно расположенные призматические губки 1 и 2 с самоцентрированным их перемещением с помощью разнозаходного винта 3, средний венец 4 которого расположен в кольцевой канавке корпуса 5, имеющего сферическую опору б. с радиусом R , точка центра которого совпадает с точкой O скрытой базой-точкой призм, и смонтированного подвижно в

сферическом гнезде 7 корпуса 8 приспособления.

На рисунке 5.5 в показан тройник-заготовка в аксонометрии с плоскостями симметрии патрубков, пересечение которых определяет скрытую базу – точку тройника. На рисунке 5.5 г изображен для наглядности установленный в самоцентрирующих призмах тройник, где плоскости симметрии тройника и призм совпадают, а значит, номинально совпадают точки их пересечения – скрытые базы заготовки и установочного элемента.

Установка по скрытой базе-точке лишает заготовку только трех степеней свободы – перемещения вдоль осей координат, поэтому установочный элемент соединен сферическим шарниром, центр сферы которого расположен в скрытой базе – точке (рисунок 5.5 б), с корпусом приспособления.

Установка по скрытой базе-точке лишает заготовку наличия в приспособлении двух опорных элементов, базирующих каждый по точке. Пример реализации – установка в центрах. Здесь каждая точка реализуется как точка центра окружности, образованной линией контакта конуса или сферы центра с цилиндром (или конусом) отверстия центрального гнезда заготовки или изделия. Сказанное иллюстрирует рисунок 5.6. На нем показаны сечения P и P_1 , в которых лежат окружности с точками центров – скрытых баз.

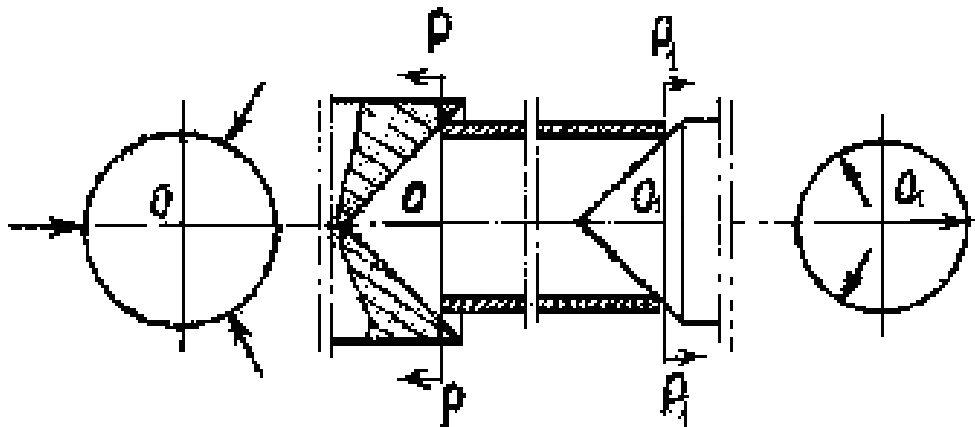


Рисунок 5.6 – Установка цилиндра по двум скрытым базам – точкам

Лучшим вариантом обеспечения точности установки, очевидно, надо считать случай, когда эти секущие плоскости (промежуточные скрытые базы) расположены перпендикулярно геометрической оси заготовки или изделия.

Установка в центрах – частный случай установки по двум скрытым базам – точкам. Она может быть реализована и в приспособлениях тисочного типа, когда по двум, скажем, прилегающим к концам цилиндрической заготовки сечениям действуют самоцентрирующие призмы или патрон с призматическими кулачками. То положение, что две точки реализуют геометрическую ось, позволяет использовать зажим заготовки двумя

самоцентрирующими призмами. В этом случае геометрическая ось представляет собой линию пересечения двух плоскостей симметрии.

Установку по трем скрытым базам-точкам иллюстрирует рисунок 5.7. Тонкими линиями показана заготовка, размерная связь исполнительных поверхностей задана по скрытым базам-точкам, а во второй проекции показано расположение ее скрытых баз-точек и геометрических осей.

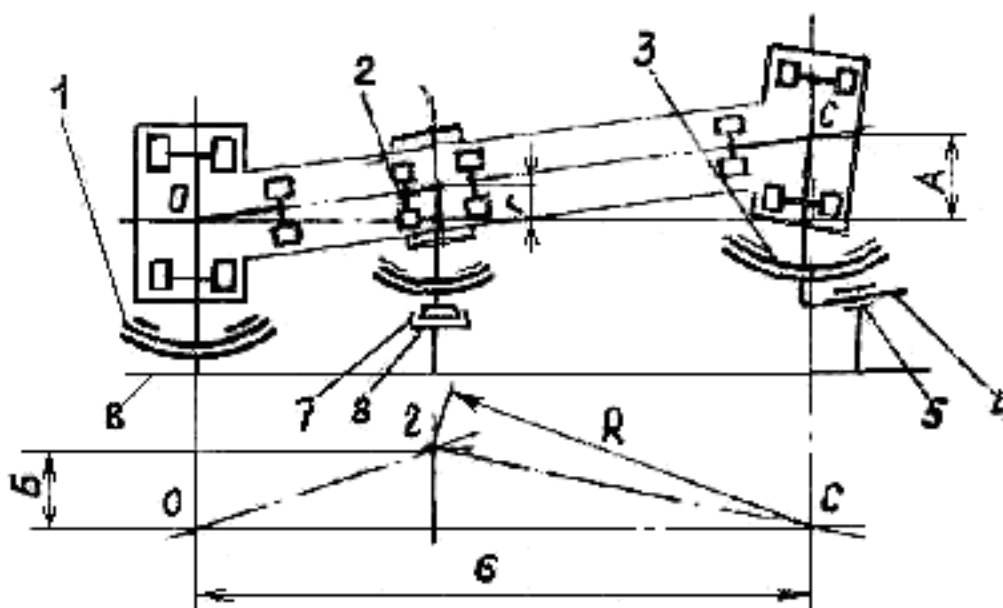


Рисунок 5.7 – Схема установки заготовки по трем скрытым базам – точкам

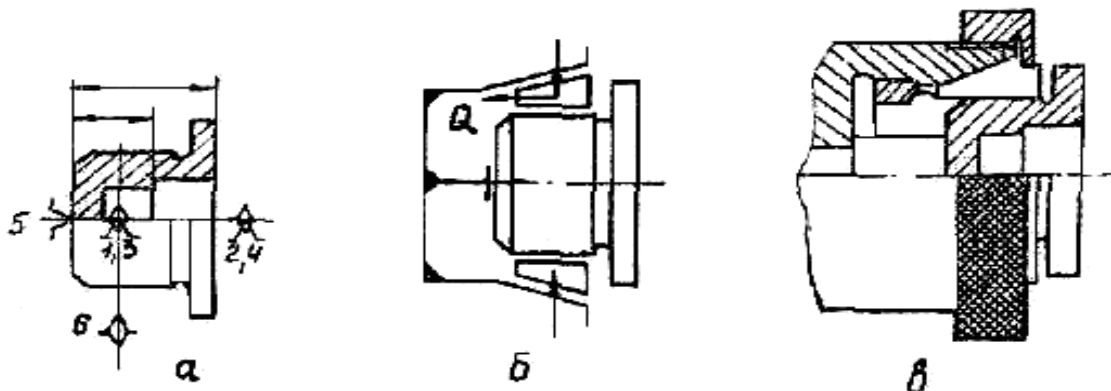
В нижней части рисунка показано расположение скрытых баз - точек заготовки в плане.

Устройство, реализующее скрытую установку заготовки, включает три установочных элемента, действующих по принципу изображенному на рисунке 5.5 б. Опора одного из них жестко связана с корпусом 8 приспособления, другого 3 – посредством ползуна 4, установленного в направляющих 5, параллельных геометрической оси OC , третьего 2 – посредством ползуна 6, установленного в направляющих 7, перпендикулярных оси OC .

5.1.7 Установка заготовки по сочетанию скрытых баз с явными

Если размерная связь поверхностей детали указана в чертеже между скрытыми и явными конструкторскими базами, то схема базирования заготовки включает в комплект одновременно и скрытые, и явные базы. В этом случае установка заготовки в приспособлении производится посредством опорно-зажимных элементов, реализующих установку по скрытым базам (базе), и основных и прижимных элементов, реализующих установку по явной базе (базам).

На рисунок 5.8 *а* показан операционный эскиз заготовки. Схема ее базирования включает и скрытые, и явные базы. Скрытой базой является геометрическая ось, включающая точки 1, 2, 3, 4, явной – опорная точка 5 и поводковая 6. Установка реализуется любым самоцентрирующим приспособлением нашпindelного или настольного типа – с досылкой заготовки до опорной базы.



а – операционный анализ заготовки; *б* – функциональная схема;
в – реализующее установку приспособление

Рисунок 5.8 - Установка заготовки по сочетанию скрытых баз с явными

На рисунок 5.8 *б* показана функциональная схема, установки, а на рисунке 5.8*в*—принципиальная. На схеме рисунке 5.8 *б* условно показаны элементы приспособления: подвижные, центрирующие согласованно сходящиеся к геометрической оси, и опорный, жестко связанный с корпусом приспособления, в направлении которого действует сила Q , досылающая заготовку до явной базы. На рисунке 5.8 *в* изображено самоцентрирующее приспособление в виде цангового патрона, его лепестки синхронно перемещаются к центру, базируя и закрепляя заготовку. Опорный элемент жестко связан с корпусом и расположен в тыльной части полости цанги. Досылка заготовки до явной опорной базы осуществляется ее перемещением вместе с цангой.

5.2 Расчет усилия зажима

В процессе механической обработки на заготовку действуют силы резания. Заготовка удерживается в состоянии базирования силами закрепления, которые предотвращают смещение заготовки в приспособлении и не позволяют вибрировать в процессе обработки. Силы зажима создают статическую систему «Приспособление – Заготовка» и сохраняют ее стабильное состояние при действии на нее сил резания. Таким, образом, заготовка при выполнении технологической операции является телом, находящимся в определенном и стабильном положении под действием приложенных к ней сил. Поэтому расчет сил зажима в первом приближении сводится к решению задачи статики.

Для обеспечения статического состояния заготовки [13], установленной в приспособлении, теоретически необходимо и достаточно, чтобы действие приложенных к заготовке сил отвечало шести уравнениям статики. На заготовку действует система сил. Дестабилизируют положение заготовки силы:

- возникающие от процесса обработки силы резания;
- объемные силы (инерционные, масса и др.);
- второстепенные силы (силы, возникающие при отводе режущего инструмента);
- случайные силы (поломка РИ, оснастки, оборудования, отключение энергоснабжения).

Неравномерность силы резания при обработке объясняется неравномерностью снимаемого припуска, неравномерным затуплением режущих кромок и др. Для расчета следует брать максимальное расчетное значение. Расчет ведут по формулам, приведенным в справочниках [12].

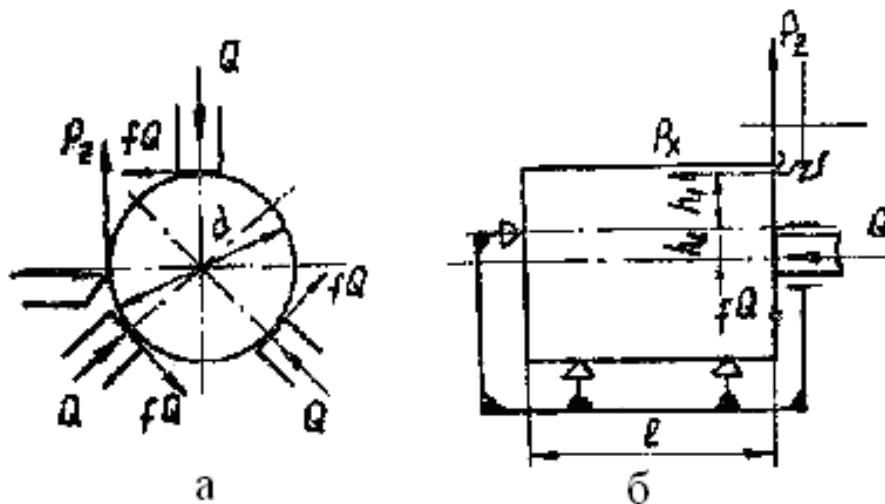
Противостоит этим силам усилие закрепления заготовки. В большинстве случаев закрепление, т.е. противодействие системе сил происходит за счет сил трения, возникающих в точках приложения усилия закрепления.

В наиболее общем виде схема силового механизма (механизма закрепления) заготовки включает – контактный элемент, зажимной механизм (ЭЗМ или КЗМ) и механизм создающий исходное усилие (привод).

Поэтому целью расчета является определение исходного усилия закрепления и хода (длины перемещения рабочего элемента) привода.

Опорно-зажимные, (и опорные), и прижимные элементы в рабочем органе приспособления работают по принципу или штока, или рычага, или клина. Значит, для освоения методики расчета сил зажима достаточно рассмотреть три названных случая их расчета.

На рисунке 5.9 *a* показана схема рабочего органа приспособления, реализующего установку заготовки по скрытой базе – геометрической оси посредством использования самоцентрированно сходящихся штоков – кулачков, например самоцентрирующего трехкулачкового патрона (оправки). К заготовке (в плоскости рисунка) приложена тангенциальная сила от процесса обработки P_z , к каждому штоку – радиальная сила зажима Q и тангенциальная пассивная сила трения Qf , где f – коэффициент трения.



a – установка заготовки по скрытой базе – геометрической оси;
б – установка по явным базам

Рисунок 5.9 – Схемы сил действующих в приспособлениях

Условие равновесия заготовки в рассматриваемой плоскости:

$$P_z \frac{d}{2} - 3fQ \frac{d}{2} = 0 \quad (5.1)$$

откуда
$$Q = \frac{P_z}{3f} \quad (5.2)$$

На рисунке 5.9 *б* приведена схема установки призматической заготовки в рабочем органе приспособления, реализующая установку по комплекту явных баз посредством прижимного элемента, работающего по принципу штока.

Уравнение статического равновесия соответственно рисунку запишется

$$P_z l + P_x h_1 - Q h_2 - fQ l = 0, \quad (5.3)$$

откуда
$$Q = k \frac{P_z l + P_x h_1}{h_2 + hl}, \quad (5.4)$$

где P_z, P_x – вертикальная и горизонтальная составляющие силы резания, Н;

l – длина заготовки, мм;

h_1 и h_2 – расстояния приложения сил P_x и Q соответственно от горизонтали расположения временного центра, мм;

Q – сила зажима, Н;

k – коэффициент запаса, $k=1,5$ при использовании чистовых баз, $1,5 < k < 2,5$ при использовании, черновых баз.

Если для закрепления заготовки в приспособлении используется рычажный элемент, расчет силы зажима производится по принципу одного из двух рассмотренных с учетом передаточного отношения рычага.

На рисунке 5.10 *а* изображена схема установки по скрытой базе

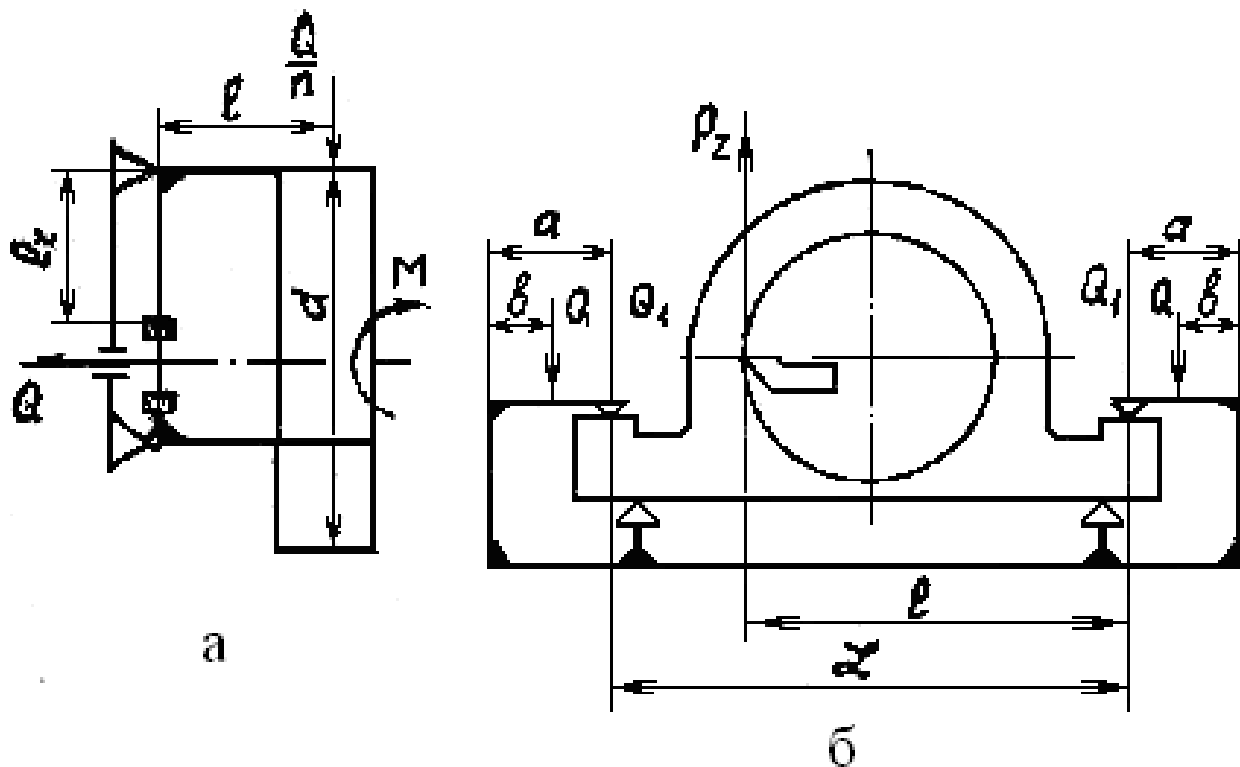
посредством опорно-зажимных элементов – рычагов. Расчет сил в контакте рычагов с заготовкой производится так же, как и для случая, показанного на рисунок 5.9 а. А общая сила зажима рассчитывается, с учетом длин плеч рычага. Из рисунке 5.10 а общая сила зажима P определится по

$$P = 3Q \frac{l}{l_r}, \quad (5.5)$$

с учетом коэффициента k запаса

$$P = 3k \cdot Q \frac{l}{l_r}, \quad (5.6)$$

где Q – сила, действующая на заготовку от рычага, Н;
 l, l_r – плечи рычага, мм.



а – скрытое базирование с помощью рычагов,

б – базирование по явным базам

Рисунок 5.10 - Схемы к расчету сил зажима

На рисунке 5.10 б дается схема закрепления заготовки, установленной по явным базам. Зажимные элементы выполнены в виде прихватов, работающих по принципу рычага. Расчет сил зажима производится, как и в случае рисунок 5.9 б, с учетом передаточного отношения (плеч) рычага. Из рисунка 5.10 б сила зажима определится из уравнения статики

$$P_2 l = Q_1 L, \quad (5.7)$$

$$Q = P \frac{l}{L}, \quad (5.8)$$

При использовании в рабочем органе приспособления клинового зажимного элемента расчет силы зажима производится последовательно. Вначале определяется необходимая сила зажима, действующая на заготовку, а затем – на клин. Первая рассчитывается так же, как и для случаев, изображенных на рисунок 5.9 а, вторая – согласно положению с учетом преобразования силы в клиновой (винтовой) передаче.

На рисунке 5.11 а показана схема клинового опорно-зажимного элемента в виде цанги, смонтированной в корпусе цангового патрона. Схема реализует установку заготовки по скрытой базе – геометрической оси. Сила Q – сила, действующая на заготовку. Кроме нее, необходима сила, сжимающая лепестки цанги Q' . Общая эффективная сила, которую должен создать клиновой механизм, будет суммой названных сил $Q+Q'$. Соответственно закону действия клинового механизма, сила N , действующая на цангу, определится

$$N = (Q + Q') \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right), \quad (5.9)$$

где Q – суммарная сила зажима лепестков цанги, Н;

Q' – сила поджатия лепестков цанги, Н;

α – угол конуса цанги град;

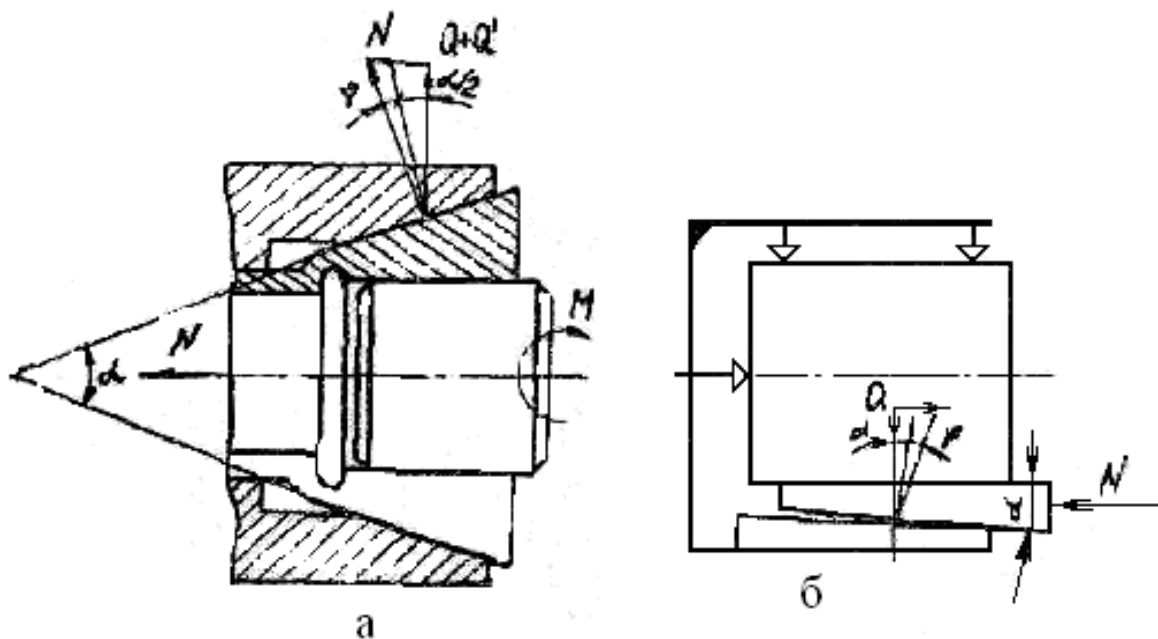
φ – приведенный угол трения цанги с корпусом.

Для случая, когда заготовка неподвижна относительно корпуса (при наличии упора), формула (5.10) имеет вид

$$N = (Q + Q') \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi \right], \quad (5.10)$$

где φ – приведенный угол трения цанги с заготовкой, град.

На рисунке 5.11 б изображена схема клинового зажима в рабочем органе приспособления, реализующем установку заготовки по явным базам. Расчет силы N , действующей на клин, производится по формуле (5.6), так как принцип действия клина здесь совпадает со случаем неподвижности заготовки относительно корпуса.



a – при установке в цанговом патроне; b – клиновым зажимом
Рисунок 5.11 – Схема сил для расчета сил зажима

5.3 Точность установки заготовки в приспособлении

В результате установки заготовки в приспособлении образуется статическая система «приспособление – заготовка» («П-З»). Точность установки при этом определяется величиной отклонения расположения поверхности, которая будет получена в результате обработки заготовки в приспособлении, относительно комплекта его основных баз или их системы координат. Вместе с тем, обрабатываемая в приспособлении поверхность (поверхности) должна иметь расположение с заданной точностью. Эта точность характеризуется величиной отклонения расположения обрабатываемой поверхности, которая является вспомогательной базой заготовки, относительно ее основных баз. Значит, для обеспечения точности установки заготовки в приспособлении необходимо и достаточно обеспечить требуемое расположение основной базы заготовки.

При установке заготовки в приспособлении по ее явным базам расположение основных баз заготовки обеспечивается совмещением (образованием непрерывного контакта) основных баз заготовки с вспомогательными базами приспособления. Расположение последних в приспособлении определяется его точностью, совмещение основных баз заготовки с вспомогательными приспособления – базированием; сохранение непрерывности контакта основных баз заготовки с вспомогательными приспособления – закреплением. Таким образом, точность установки заготовки в приспособлении по явным базам ε_y определяется совокупным проявлением отклонений (погрешностей) приспособления ε_n , базирования ε_b , закрепления ε_z :

$$\varepsilon_y = \varepsilon_n + \varepsilon_\delta + \varepsilon_z, \quad (5.11)$$

или в общем виде с учетом передаточных отношений погрешностей

$$\varepsilon_y = \sum \left(\frac{\partial \varepsilon_y}{\partial \varepsilon_i} \right) \varepsilon_i, \quad (5.12)$$

На рисунке 5.12 показана система «П-З» и размерные цепи показывающие связь основных баз (основных баз приспособления) с явными вспомогательными базами (вспомогательными базами заготовки).

На проекциях системы «П-З» нанесены отклонения ε , индексы которых указывают на их принадлежность: п – приспособления, б – базирования, з – закрепления, д – детали, пз – системы «П-З», у – установки. Схема их сложения методом «максимум – минимум». На боковой проекции – в плоскости, перпендикулярной основному виду; в плане – относительно направляющей базы.

Размерные цепи и их замыкающие звенья видны из рисунка.

Погрешность размерных связей в системе «П-З» показана отдельно по трем взаимно перпендикулярным плоскостям. Точность каждой из погрешностей не влияет на другие, поэтому они определяются отдельно.

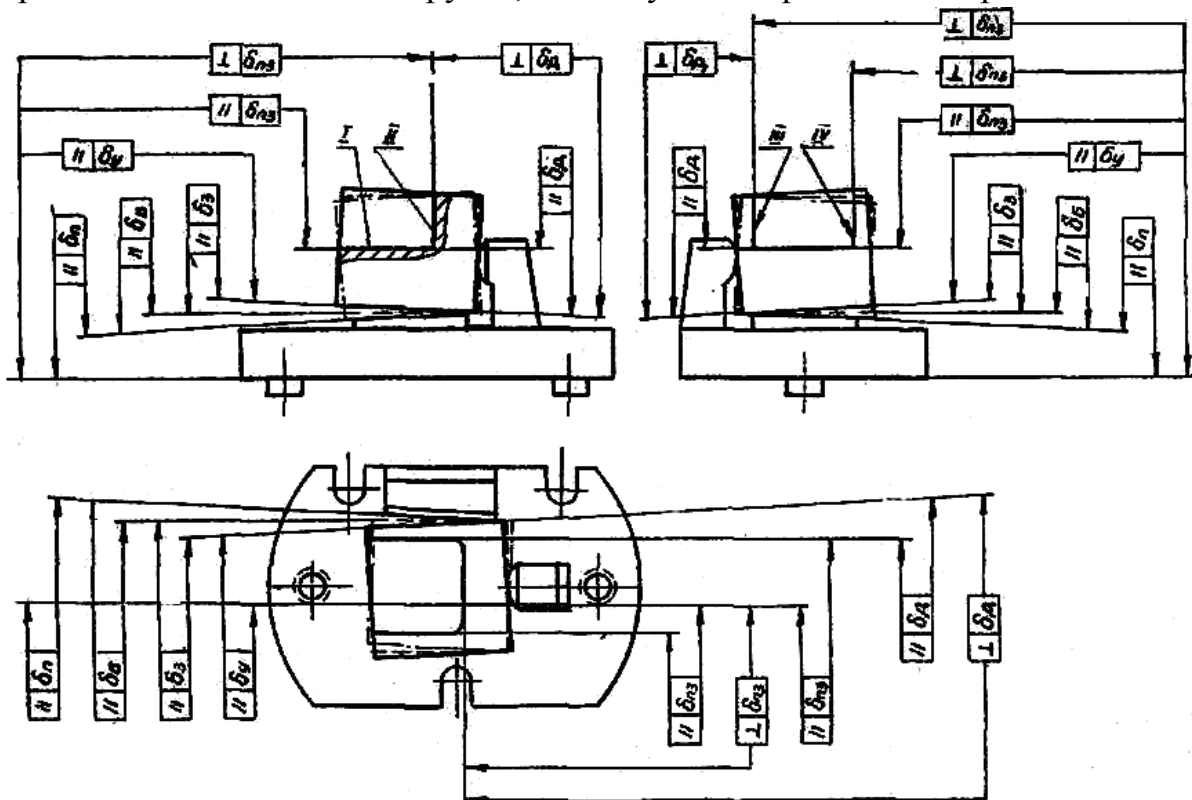


Рисунок 5.12 – Погрешности (отклонения) расположения в системе «приспособление – заготовка», при установке заготовки по явным базам

На рисунке 5.12 изображено приспособление с размерными связями

расположения основных и вспомогательных баз. Они определяют точность приспособления ε_n , которая представляет собой результат суммирования отдельных отклонений в системе элементов приспособления, по формуле (5.13):

$$\varepsilon_y = \sum \left(\frac{\partial \varepsilon_n}{\partial \Delta_s} \right) \Delta \varepsilon_i, \quad (5.13)$$

где Δ_s – первичная погрешность элемента, входящего в конструкцию приспособления, мм.

Погрешность базирования заготовки в приспособлении определяется величиной отклонения расположения основной базы заготовки от номинального (теоретического).

Реальное (действительное, фактическое) базирование заготовки в приспособлении осуществляется при совмещении основных баз заготовки с базирующими поверхностями установочных элементов приспособления, при условии неизменности контакта этих баз.

Погрешность базирования ε_b в приспособлении представляет собой систему отклонений (погрешностей) элементов, обеспечивающих базирование. Основными наиболее крупными являются:

- отклонения положения основных баз заготовки;
- величина несовмещения явных баз «П-З», т.е. основных баз заготовки с вспомогательными базами приспособления. Суммарная погрешность базирования может быть определена по формуле 5.14.

$$\varepsilon_a = \sum \left(\frac{\partial \varepsilon_a}{\partial \Delta_a} \right) \Delta a_i, \quad (5.14)$$

где Δ_a – первичная погрешность элементов, влияющих на базирование.

Погрешность закрепления ε_z в приспособлении определяется величиной отклонения расположения основной базы заготовки от ее положения, достигнутого при базировании.

Она образуется от действия на заготовку сил зажима и связанных с ними перемещений, изменяющих положение заготовки полученной в результате базирования в приспособлении.

Основными из этих погрешностей являются:

- перемещения заготовки при изменении сил закрепления в системе «П-З»;
- изменение шероховатости базирующей поверхности заготовки;
- изменение волнистости базирующей поверхности заготовки.

Погрешность закрепления ε_z будет представлять собой суммарное проявление первичных отклонений, вызванных отдельными составляющими в процессе закрепления:

$$\varepsilon_{\delta} = \sum \left(\frac{\partial \varepsilon_3}{\partial \Delta_3} \right) \Delta_3, \quad (5.15)$$

где Δ_3 – первичная погрешность элемента процесса закрепления, мм.

При установке заготовки в приспособлении по скрытым базам погрешность установки ε_y будет проявлением суммы погрешностей: приспособления ε_n , базирования ε_{δ} , и закрепления ε_3 . При этом каждая из них отражает отклонения расположения соответствующих скрытых баз в соответствующей системе координат, рисунок 5.13.

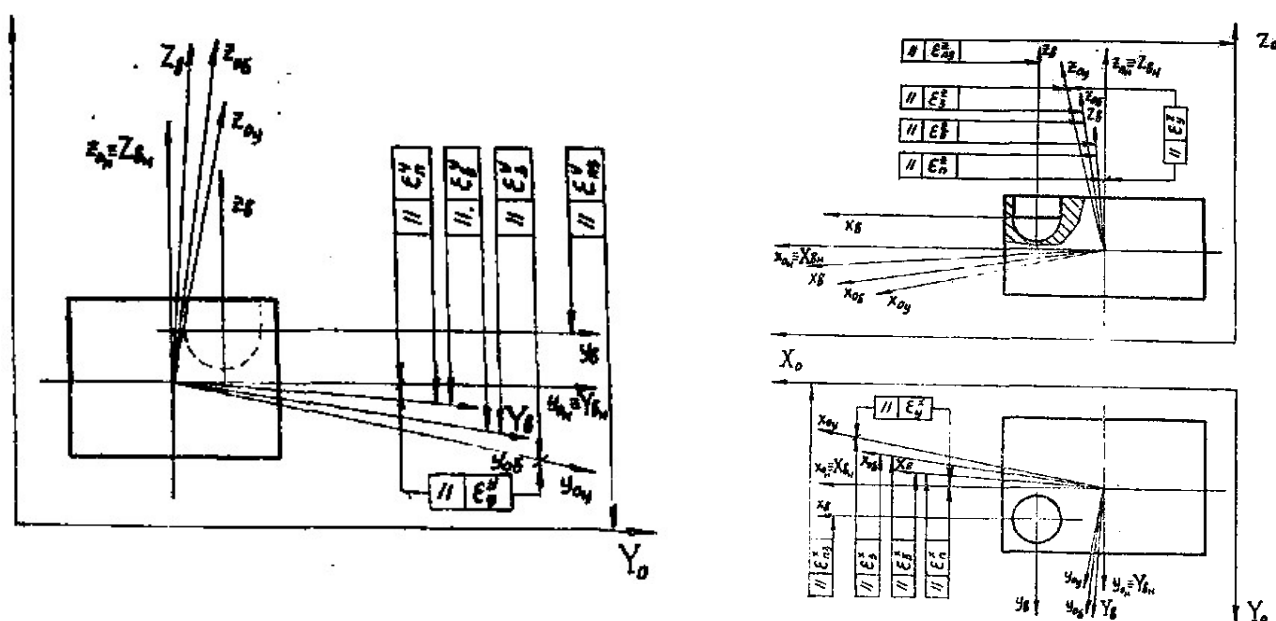


Рисунок 5.13 – Погрешности (отклонения) расположения в системе «приспособление – заготовка» при установке заготовки по скрытым базам

На рисунке 5.13 отклонения показаны применительно к осям координат систем приспособления и детали. Оси координат являются скрытыми базами элементов системы «П-З».

Составляющие погрешности установки ε_y в формуле (5.11) является результатом системы первичных погрешностей (отклонений) элементов, входящих в систему «П-З». Поэтому при определении величины погрешности установки ε_y , отдельно определяются погрешности (отклонения) приспособления ε_n , базирования ε_{δ} , закрепления ε_3 , а затем их суммируют.

Носителями, а значит и источниками погрешностей установки заготовки в приспособлении являются структурные элементы системы «П-З» и связи этих элементов в системе (статические, кинематические и динамические).

Статические связи связаны с точностью базирующих поверхностей приспособления и заготовки, кинематические – с условиями и схемой

базирования, а динамические – с особенностями закрепления.

Иерархия структуры системы «П-З» обуславливает и иерархию источников и носителей первичных погрешностей установки заготовки в приспособлении.

Функциональная задача приспособления – обеспечение высокой точности установки заготовки.

Систематизация элементарных погрешностей установки заготовки позволяет выявить носителей погрешности, причины их возникновения, и целенаправленно изменять конструкцию структурных элементов, их связи, целенаправленно минимизировать совокупную погрешность установки. Это основные задачи, которые необходимо решать при изыскании принципов действия, принципиальных схем и конструкций приспособлений.

Наиболее эффективным путем минимизации совокупной погрешности установки при разработке принципиальной схемы это исключения источников погрешностей Δ , за счет изменения принципа действия. Для погрешностей, которые не удастся исключить изменением принципиальной схемы, следует выбирать путь их минимизации в разрабатываемой конструкции.

Станочное приспособление это *техническое устройство, являющееся структурным элементом системы СПИД*. Оно осуществляет статическую связь инструмента, заготовки или изделия с несущим их конструктивным элементом станка (шпинделя, стола, суппорта). Приспособление обеспечивает (реализует) установку инструмента, заготовки или изделия в положение, нужное для выполнения технологической операции. *Функциональной задачей приспособления является обеспечение точности установки.*

Установка заготовки (изделия или инструмента) представляет собой базирование, то есть придание заготовке заданного положения в системе координат станка и закрепление ее в таком положении [13]. В результате образуется статическая система, обеспечивающая требуемое взаимное расположение исполнительного элемента станка с заготовкой или изделием.

Каждый станок имеет два типа исполнительных конструктивных элементов: шпиндель и стол (или суппорт, обладающий аналогичной функцией). Поэтому используемое приспособление встраивается в одну из двух статических систем: «шпиндель – приспособление – заготовка» («Ш-П-З») или «стол (суппорт) – приспособление – заготовка» («С-П-З»). С позиции функциональных признаков станочные приспособления могут подразделяться по статической связи с исполнительными элементами станка на нашпindelные и настольные. *И комбинированный* третий тип, осуществляющий координатную, размерную связь «шпиндель – стол», вернее, «Ш-С-П-З». Это кондукторные приспособления.

Система «рабочий элемент станка – приспособление – заготовка (инструмент или изделие)» образуется в результате двух

последовательных установок: установки приспособления па рабочем элементе станка и установки заготовки или изделия в приспособлении.

Методики конструирования станочных приспособлений рассмотрим на примере обработки детали, чертеж которой приведен на рисунке 5.14.

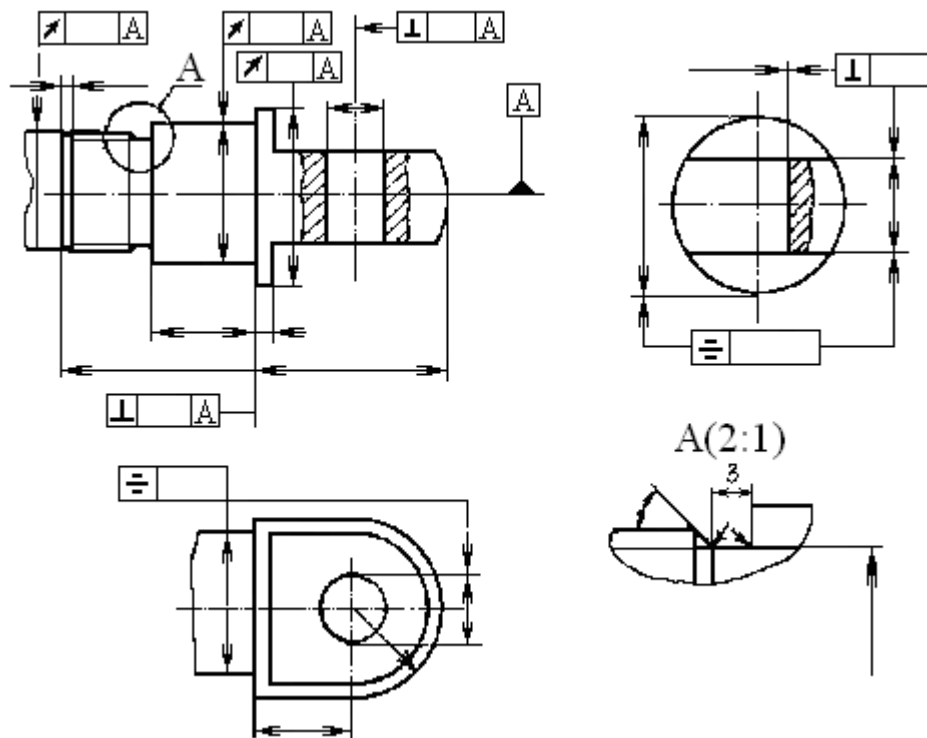
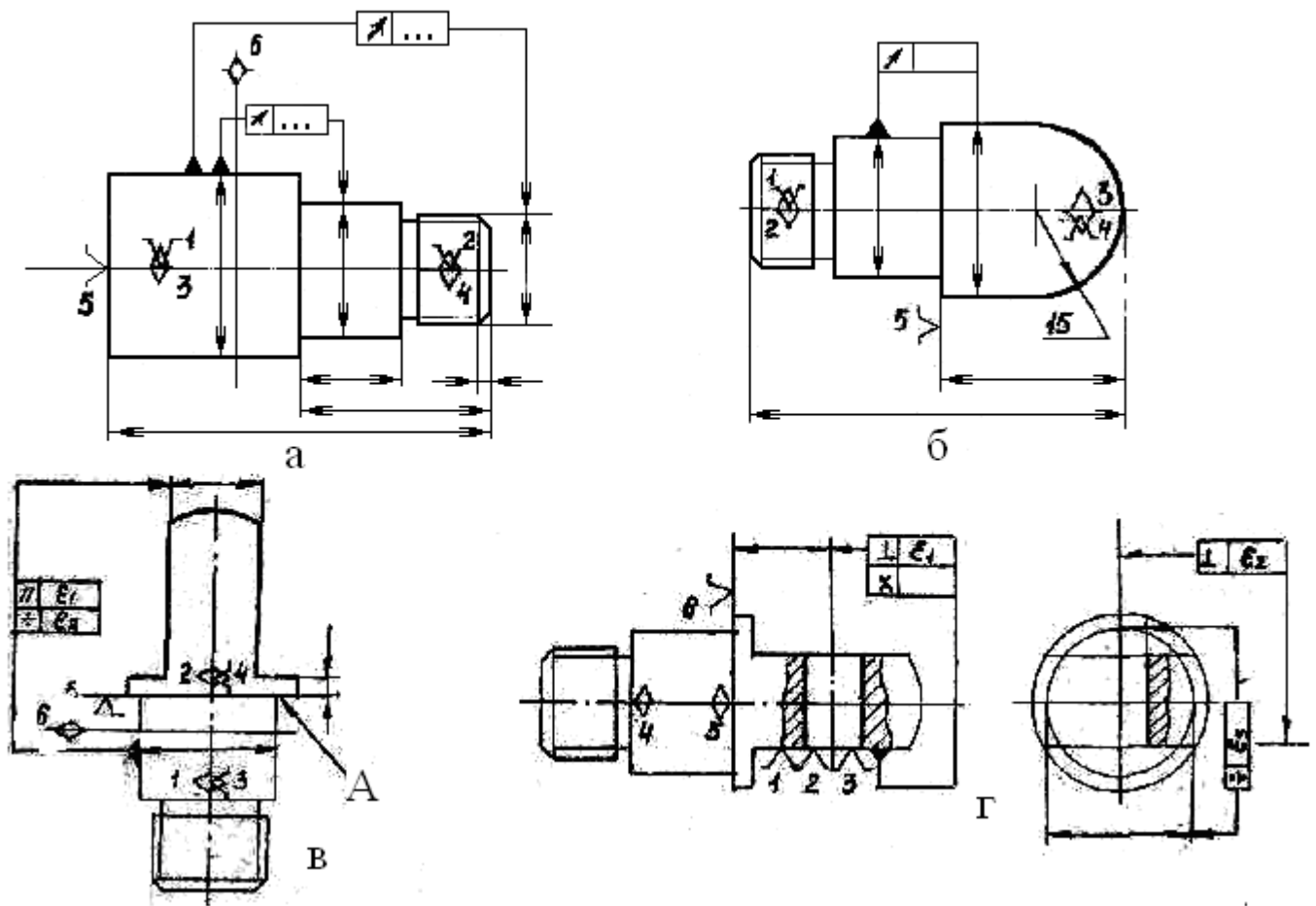


Рисунок 5.14 - Чертеж детали с размерной связью ее рабочих поверхностей

Технологический процесс обработки детали реализованный на универсальных станках включает операции, выполнение которых требует применения всех основных типов приспособлений.

Схемы базирования при выполнении операций обработки показаны на рисунке 5.15. Первые две токарные операции выполняются в напиндельных приспособлениях, третья – фрезерная, в настольном приспособлении, четвертая – в сверлильном – приспособлении кондукторного типа.

На начальном этапе разработки конструктор стремится не связывать ограничительными условиями будущую конструкцию - мысль сосредоточена на поиске принципа действия конструкции, при котором она обеспечивает выполнение служебного назначения наилучшим образом.



a – «обточить хвостовую часть и нарезать резьбу»; *б* – «обточить головную часть»; *в* – «фрезеровать лыски; *г* – «просверлить отверстие»

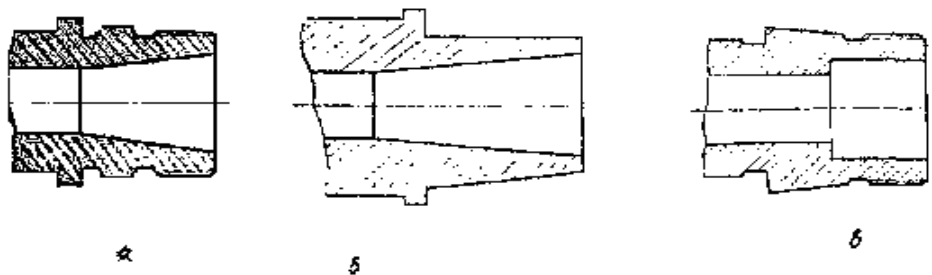
Рисунок 5.15 – Операционные эскизы и схемы базирования

6 Конструирование приспособлений для установки заготовок или инструмента

6.1 Конструирование нашпindelных приспособлений

К нашпindelным относятся станочные приспособления, устанавливаемые или предназначенные для установки на шпинделе станка. Они представляют собой механическую систему, осуществляющую статическую связь шпинделя с заготовкой или изделием (инструментом). При этом образуется статическая система «шпиндель – приспособление – заготовка» (инструмент, изделие) («Ш-П-З» или ШПИ) в системе СПИД. Функциональная задача нашпindelных приспособлений – обеспечение точности установки заготовки, инструмента или изделия в системе координат шпинделя.

Шпиндель каждого станка или другого устройства имеет несколько вариантов стандартных конструкций. Наиболее распространенные формы: конус в полости, конус наружный, наружный цилиндр с торцом венца. Стандартизованные их формы (ГОСТ 3889-80) показаны на рисунке 6.1. Размеры определяются типоразмерами, для станков различной мощности привода.



а – цилиндрическая с плоской и внутренним конусом;

б – цилиндрическая с внутренним конусом;

в – коническая с внутренним цилиндром

Рисунок 6.1 – Формы вспомогательных баз шпинделей металлорежущих (токарных) станков

Установка на шпинделе присоединяемого изделия осуществляется путем обеспечения непрерывности контакта комплекта его основных баз с вспомогательными базами шпинделя, т.е. в результате базирования и закрепления. Размер, форма и расположение этих комплектов баз должны быть точно синхронизированы. Если наружный конус Морзе хвостовика режущего инструмента соответствует конусу Морзе полости шпинделя, то инструмент устанавливается без приспособления, образуя статическую систему «шпиндель – инструмент» («Ш-И»). Аналогично может быть

произведена (без приспособления) установка заготовки, если ее основная база оказалась синхронизированной с вспомогательной базой шпинделя.

Приведенное описание позволяет определить роль и назначения приспособления. Приспособление является переходным устройством, (промежуточным элементом) синхронизирующим асинхронные (несогласованные) комплекты вспомогательных баз шпинделя с комплектом основных баз заготовки или инструмента. Поэтому, всякое приспособление, как единая система, должно иметь комплект основных баз, синхронизированных с комплектом вспомогательных шпинделя, и комплект вспомогательных баз, синхронизированных с комплектом основных заготовки, инструмента или изделия, а также элемент закрепления.

Точность расположения этих комплектов баз в приспособлении (в рабочем состоянии) определяет собой точность приспособления.

6.1.1 Координатная схема системы «Ш-П-З» и «Ш-П-И»

Полное конструирование будущего или требуемого приспособления начинается с четкого формулирования конструкторской задачи или конструкторского задания. Затем производится подробная разработка задания, так как «хорошо разработанное задание содержит в себе ядро решения» [7]. Для этого разрабатывается координатная, затем функциональная схема системы «Ш-П-З»; а на их основе — принципиальная схема будущей конструкции приспособления.

Координатная схема раскрывает основной принцип построения будущей конструкции. Применительно к системе «Ш-П-З» и «Ш-П-И» координатная схема изображена на рисунке 6.2 и представляет собой три системы координат.

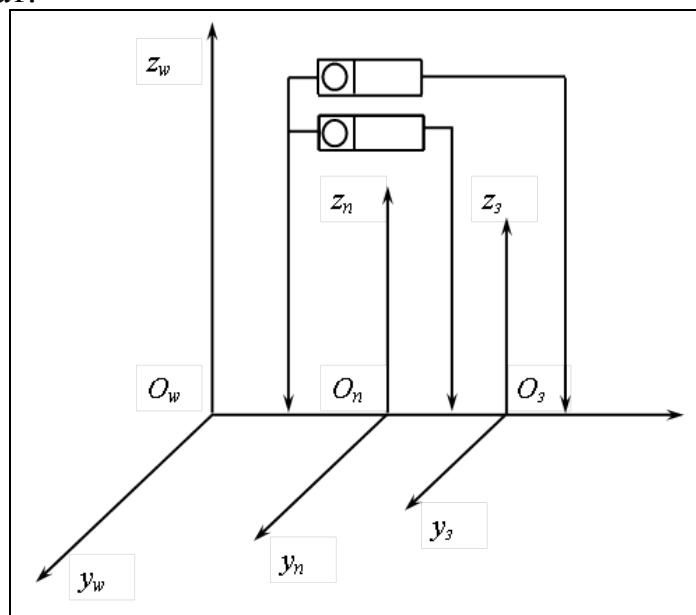


Рисунок 6.2 – Координатная схема системы «Ш-П-З» и «Ш-П-И»

Одна из них принадлежит шпинделю с индексом «и» вторая –

приспособлению с индексом «*n*», и третья – заготовке с индексом «*з*». Ось $X_{ш}$ является геометрической осью вращения шпинделя. Чем меньше отклонение от соосности, указанное на рисунке 6.2, тем выше точность системы, тем лучше выполняется функциональная задача приспособления.

Геометрическая ось X_z заготовки является осью ее обрабатываемой поверхности. Искомое приспособление должно обеспечить такую установку заготовки, когда погрешность соосности стремиться к минимуму.

$$\varepsilon_c \rightarrow \min \quad (6.1)$$

Такое условие является оптимальным при разработке функциональной схемы приспособления нашпиндельного типа.

Рассмотрим приспособление как механизм в статическом состоянии. Тогда ведущим (входным) его звеном (элементом) надо считать комплект основных баз, а ведомым – комплект вспомогательных. Первые по комплекту вспомогательных баз шпинделя определяют свое положение ведущего звена, а вторые – свое положение ведомого звена, согласованного с основным комплектом баз заготовки или изделия, устанавливаемых в системе «Ш-П-З», как показано на рисунке 6.2.

Преобразование приспособлением комплекта вспомогательных баз шпинделя в комплект, согласованный с комплектом основных баз заготовки (или изделия), осуществляется различно, применительно всякий раз к размеру, форме и расположению основных баз заготовки (инструмента или изделия), устанавливаемых в системе «Ш-П-З» или «Ш-П-И». Поэтому функциональная схема разрабатываемого приспособления нагляднее при рассмотрении установки заготовки (рисунок 5.14) и схеме базирования, рисунок 5.15,б.

6.1.2 Функциональная и принципиальная схема нашпиндельных приспособлений

Координатная схема и размерная связь элементов системы «Ш-П-З», показанная на рисунке 6.3, определяет точность расположения скрытых баз структурных элементов системы – их геометрических осей. Идеальная точность установки – номинальная соосность, то есть $\varepsilon_c = 0$.

Для выявления путей обеспечения абстрактной точности необходим абстрактный анализ, связанный с изысканием функциональных схем действия элементов искомой конструкции, обеспечивающих выполнение основной функции установки.

Охарактеризуем скрытую базу – геометрическую ось. Это отрезок прямой, т.е. место расположения точек – центров окружностей, любого поперечного сечения цилиндрической поверхности. Две крайние (любые) точки определяют положение прямой в пространстве. Поэтому для соосного расположения геометрических осей шпинделя и обрабатываемой поверхности заготовки необходимо и достаточно совместить две точки геометрической оси

заготовки с геометрической осью шпинделя.

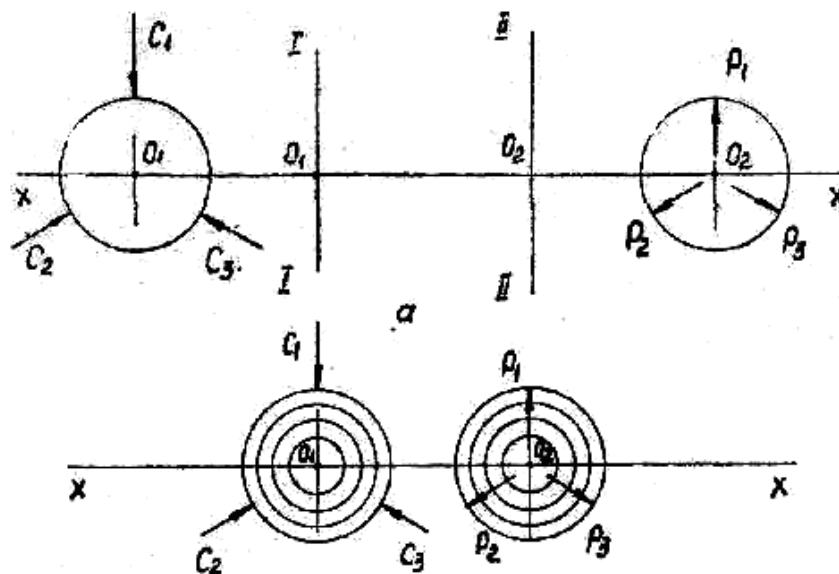
Возьмем теперь две точки, по возможности наиболее удаленные друг от друга в пределах длины ее геометрической оси и построим абстрактную функциональную схему, обеспечивающую решение этой задачи.

Что представляет собой функциональная схема?

Последовательность разработки функциональных схем показана на рисунке 6.3. Проводим линию XX - геометрическую ось шпинделя, отметим точки O_1 и O_2 , принадлежащие оси заготовки и лежащие на оси шпинделя. Через эти точки проводятся две плоскости (I и II), перпендикулярные оси. Тогда цилиндрическая (коническая) поверхность заготовки в плоскости сечения образует две окружности с центрами O_1 и O_2 .

Точки O_1 и O_2 являются центрами не одной, а ряда концентрических окружностей, что показано на рисунке 6.3б. Элементы закрепления показанные стрелками C_1, C_2, C_3 , могут синхронно сходиться к центру O_1 , в конце пути встретятся в точке O_1 .

Если элементы P_1, P_2 и P_3 синхронно расходятся, то три точки каждого их положения определяют положение соответствующей концентрической окружности, как показано на рисунке 6.3.

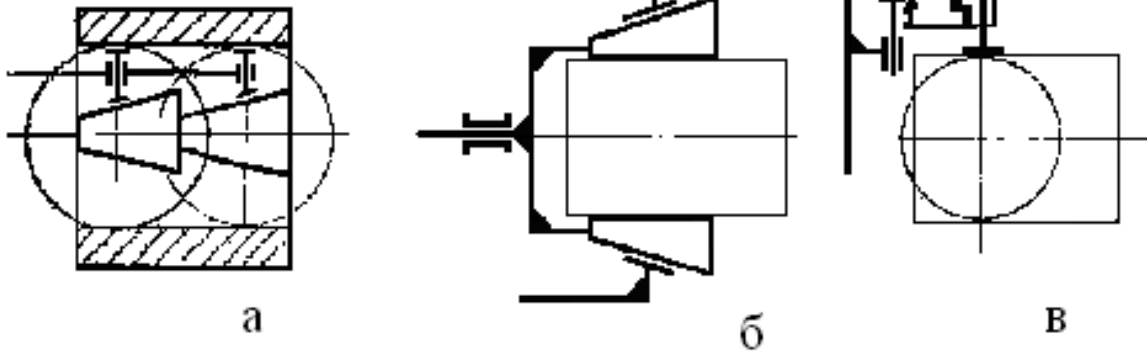


a – общая; *б* – искомой конструкции

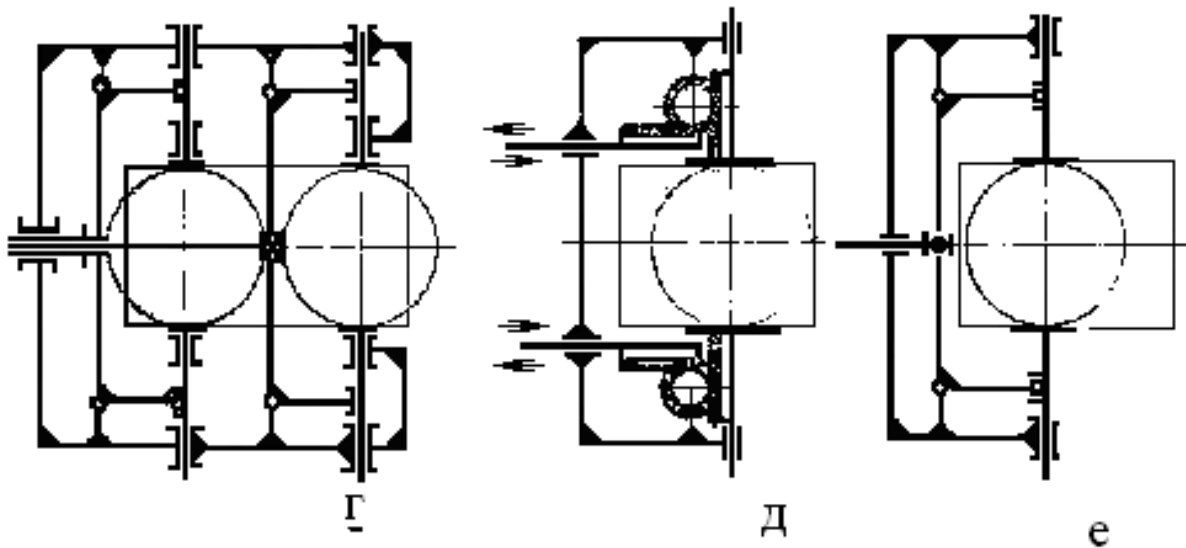
Рисунок 6.3 – Функциональная схема системы «Ш-П-З» и «Ш-П-И»:

Рисунок 6.3 б показывает функциональную схему будущей искомой конструкции рабочего органа нашпиндельного приспособления. На схеме показаны связи элементов конструкции, обеспечивающей выполнение условий основного принципа установки заготовки в системе «Ш-П-З». На основе связей показанных на рисунке 6.3 а строится принципиальная схема.

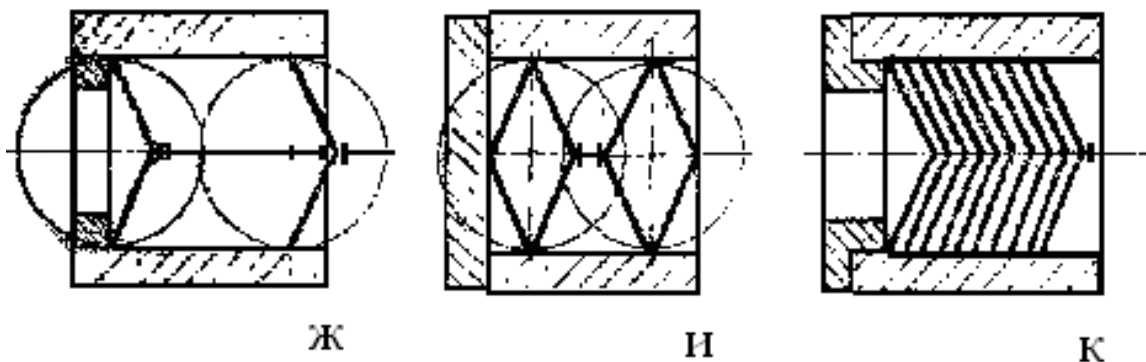
Клин - шток



Рычаг - шток



Шток - шток



а, б, в – работающих по принципу «клин – шток»;
г, д, е – по принципу «рычаг– шток»;
ж, и, к – по принципу «шток – шток»

Рисунок 6.4 - Принципиальные схемы нашпindelных приспособлений

Принципиальная схема (рисунок 6.4) показывает принцип действия элементов рабочего органа нашпindelного приспособления соответственно требованиям функциональной схемы.

Рабочее действие выполняют элементы механизма, работающие как шток, перемещающийся в направлении (или от) точки, расположенной на геометрической оси. Шток получает перемещение и образует механизм одного из трех типов: клин–шток, рычаг–шток, шток–шток.

На рисунке 6.4 приведены по три принципиальные схемы для каждого из названных сочетаний: *а, б, в* – клин - шток, *г, д, е* – рычаг - шток, *ж, и, к* – шток-шток.

Эта принципиальная схема лежит в основе большинства конструкций нашпindelных приспособлений.

Многие из конструкций стандартизированы. Исключением являются конструкции центров. Роль штока выполняет сама заготовка, устанавливаемая в центрах, а рабочий конус центра является кинематическим звеном.

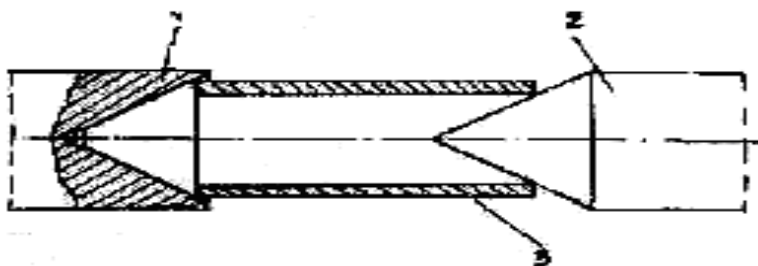


Рисунок 6.5 – Установка цилиндрической заготовки в центрах

На рисунке 6.5 показана установка заготовки в центрах. Соосно расположенные цилиндр и конус пересекаются по окружности, расположенной в плоскости, перпендикулярной оси. Поэтому достаточно двух (с каждого торца по одному) конусов, сдвигаемых навстречу друг другу, и установка полой цилиндрической заготовки выполнена.

Конуса могут быть прямыми (2)- справа, и обратными (1) - слева. Эта система элементов – простейшее приспособление: рабочий орган (вспомогательная база) и привод (основная база) реализуются поверхностями одной детали.

Схема не изменится, если вместо конуса рабочим органом центра будет шар (сфера) или правильная трехгранная пирамида.

Правильная трехгранная пирамида будет контактировать с окружностью поперечного сечения в трех точках, определяющих ее концентричное расположение. Перемещаемые вдоль оси конус или пирамида представляют собой клинья: один цилиндрический, другой пирамидальный, работающий ребрами. С точкой контакта торцевой окружности, они образуют

элемент механизма клин – шток. Ведомым звеном в процессе установки является сама заготовка 3, а в конце – три точки на окружности торца.

Из этого следует, что всякий элемент механизма, концентрично перемещающий точки контакта штока с окружностью поперечного сечения цилиндра, соосного шпинделю, обеспечивает расположение точки, центра его поперечного сечения на геометрической оси шпинделя. Если это выполняется в двух поперечных сечениях на длине цилиндра, то обеспечивается соосность шпинделя и цилиндра. Этот кинематический принцип лежит в основе всех «самоцентрирующих» приспособлений нашпindelного типа.

6.1.3 Разработка чертежа общего вида

Чертеж общего вида приспособления строится на основе принципиальной схемы. Чертеж должен показать элементы, обеспечивающие:

- статическую, кинематическую и динамическую связь структурных элементов будущей конструкции,
- выполнение функций, служебного назначения, в рамках существующих технических, экономических, социальных, эксплуатационных и эстетических ограничений.

Технические ограничения: возможность изготовления на данном предприятии, соответствие программе выпуска, технологичность, жесткость, надежность и долговечность.

Экономические: простота конструкции, максимальное использование в конструкции унифицированных и стандартных узлов и деталей, минимальное время на закрепление и раскрепление изделий, использование дешевых и доступных предприятию материалов, невысокая стоимость и быстрая окупаемость.

Социальные: безопасность при обслуживании; самотормозящие зажимные устройства, окраска, места смазки и др. требования

Эксплуатационные: легкая замена быстроизнашиваемых деталей, каналы для удаления СОЖ и стружки, ремонтпригодность.

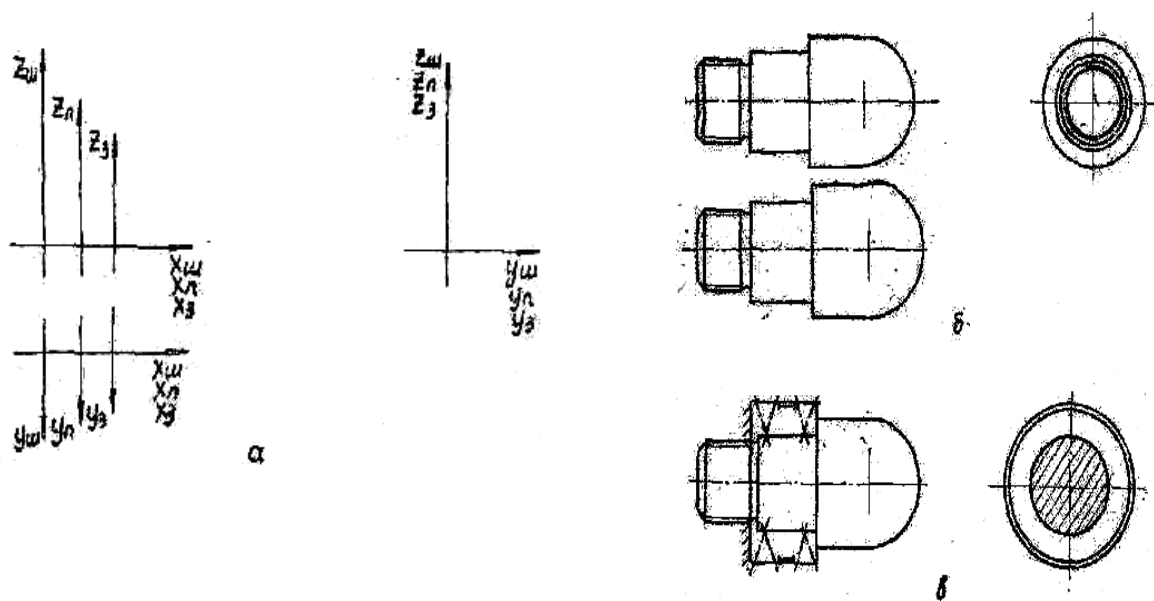
Эстетические: эстетичные форма и отношения размеров элементов и приспособления, отделочные декоративные материалы и покрытия, соответствующий цвет окраски.

Повышение показателя соответствия ограничительным условиям в ущерб выполнению функции служебного назначения не допускается. Если служебное назначения выполняется не полностью, то такая конструкция отвергается.

Ограничительное условие, обязательное для конструктора – выполнить работу в отведенное на это время.

Разработка чертежа общего вида складывается из двух частей, выполняемых в строгой последовательности.

Вначале вычерчивается координатная схема системы «Ш-П-З» в состоянии установки по скрытым базам, то есть вначале вычерчивается общая геометрическая ось системы «Ш-П-З». При этом полагается, что геометрические оси обрабатываемой поверхности заготовки и шпинделя соосны (или геометрическая ось шпинделя перпендикулярна обрабатываемой поверхности, если обрабатывается торцевая поверхность от поперечной подачи суппорта). На рисунке 6.6 *а* показана разработка устройства применительно к операции 2 «обточить поверхность» детали, показанной на рисунке 5.15 *б*. На координатной схеме (см. рисунок 6.6 *а*) вычерчивается штрих-пунктирными или тонкими линиями в трех проекциях заготовка. Она изображается в масштабе 1:1, за исключением особо крупных или мелких деталей.



- а* – координатная схема;
- б* – заготовка в координатной схеме;
- в* – добавление опорно-зажимных элементов

Рисунок 6.6 – Последовательность разработки схемы общего вида

Проекция заготовки располагаются друг от друга на расстоянии, достаточном для размещения проекций конструируемого приспособления. Так осуществляется абстрактное базирование заготовки в системе координат шпинделя по скрытой базе – геометрической оси. Заготовка как бы расположена на геометрической оси шпинделя. Этот этап показан на рисунке 6.6 *б*.

Потом в соответствии с размером, формой и расположением баз заготовки строятся функциональная и принципиальная схемы агрегата рабочего органа и передачи приспособления, сначала в абстрактной форме по аналогии с рисунком 6.3. Для этого на чертеж (рисунок 6.6 *б*) наносятся геометрические оси исполнительных конструктивных элементов рабочего орг-

ана, т. е. определяется их расположение в будущем приспособлении. Оси наносятся на все три проекции.

Выбираются рациональные для данной установки схема передачи и ее связь с исполнительными элементами рабочего органа (отдельные из таких схем для примера показаны на рисунке 6.4). Геометрические оси конструктивных элементов передачи наносятся на чертеж, рисунок 6.6 б. Конструкция приспособления на этом этапе разработки чертежа общего вида показана на рисунке 6.6 в. Затем начинается рабочее конструирование, когда надо изображать в чертеже структуру, размер, форму и расположение конструктивных элементов, а не условных их обозначений в виде схем.

На этапе проектирования, конструктору не следует связывать себя ограничительными условиями использования будущей конструкции. Вся его творческая мысль должна быть сосредоточена на поиске такого принципа действия конструкции, при котором она наилучшим образом обеспечивает выполнение функции служебного назначения (в нашем случае – точности установки инструмента, заготовки или изделия и координатной системе шпинделя).

Здесь у проектанта обычно возникает вопрос: какую принципиальную схему положить в основу конструкции разрабатываемого приспособления?

Ответ на этот вопрос может подсказать карта технологического процесса, где указаны:

- вид производства (крупно- или мелкосерийный);
- используемое для установки заготовки оборудование.

Например, для крупносерийного производства – специальные приспособления с автоматизированным или механизированным закреплением - раскреплением; для мелкосерийного – универсальные с механизированным приводом.

Выбор конструктивного решения производится конструктором на основе тщательного анализа ограничительных условий конструируемого приспособления и сопоставления вариантов схем.

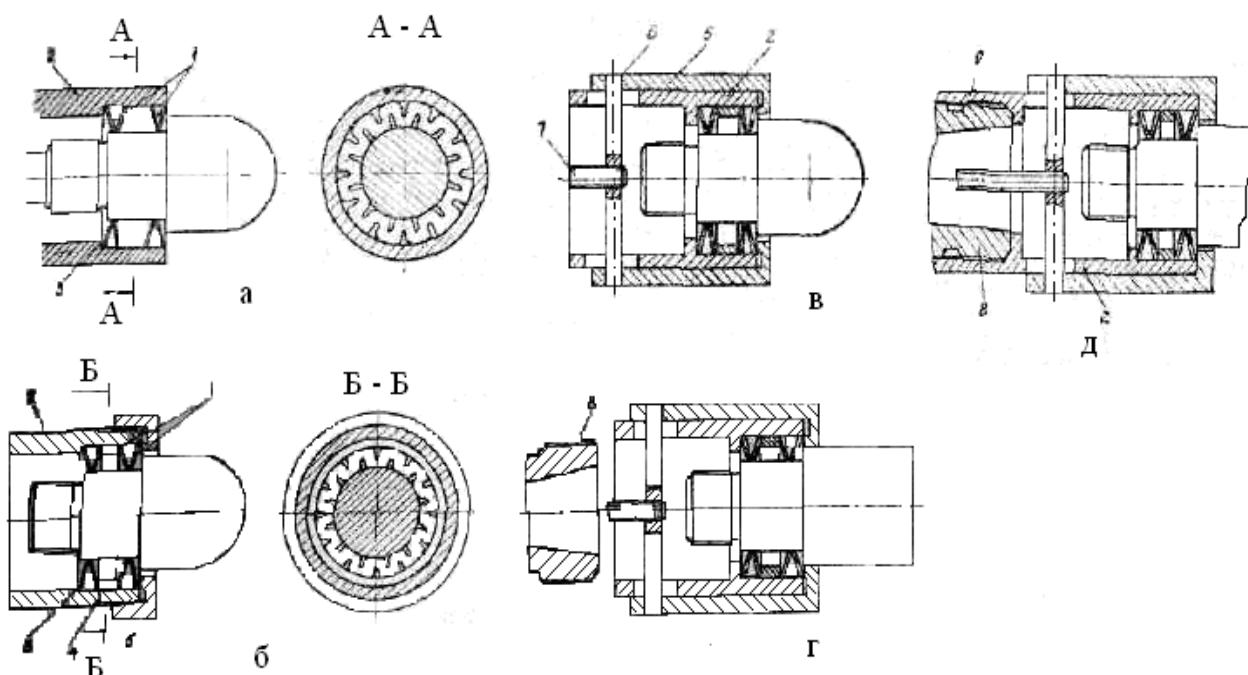
Лучшим считается тот вариант, который обеспечивает наименьшую погрешность (ошибку) функционирования.

«Пионерское» конструирование в полном объеме, т.е. разработка чертежа общего вида устройства без учета известных решений такого рода технических задач, применяется достаточно редко. Как правило, при конструировании технологической оснастки (станочных приспособлений) используется частный случай общего конструирования, когда в качестве прототипов, широко используются конструкторские решения, использованные в известных образцах приспособлений и рекомендованные в качестве типовых.

Продолжим конструирование приспособления к операции 2 «Точить поверхность детали, показанной на рисунке 6.15 б – R=15 мм» производство

детали - серийное. Наиболее простая схема показана на рисунке 6.4 и. Схема работает по принципу «шток—шток».

Вокруг контуров проекций заготовки вычерчиваем базирующие элементы. Элементы 1 приняты упруго-деформируемые в виде тарельчатых пружин, расположение их встречное. Они же служат и элементами зажима. Это показано на рисунке 6.7 а. Для закрепления заготовки надо уменьшить угол между встречными пружинами, а наружный их диаметр оставить неизменным. Тогда произойдет и закрепление заготовки. Значит, пружины должна охватывать втулка, 2. Она вычерчивается пока с перекрывающей пружины 1 длиной и жестко связывается с опорой 3 во всех проекциях.



- а – вычерчивание опорно-зажимных элементов 1 и корпуса 2;
- б – вычерчивание распоркой втулки 4 и передачи-гайки 5;
- в – переоформление передачи для применения пневмо-, гидропривода;
- г – вычерчивание расположения вспомогательных баз шпинделя станка;
- д – вычерчивание присоединительного элемента приспособления

Рисунок 6.7 – Последовательность конструирования нашпиндельного приспособления

Поджатие пружин 1 (рисунок 6.7 б) надо производить в направлении опорного бурта 3, чтобы в результате закрепления; контакт заготовки с опорным элементом был неразрывным. Значит, ведущий шток должен перемещаться и действовать с усилием вдоль геометрической оси в направлении опорного бурта 3, а для передачи усилия на левые мембраны иметь подвижную втулку 4 между рядами тарельчатых пружин 1. Теперь на схеме (рисунок 6.7 б) вычерчивается ведущий шток 5. Поскольку центральная зона конструируемого приспособления занята заготовкой, то шток 5

выполняется в форме охватывающей втулки с внутренним фланцем, контактирующим с мембраной.

Этим этапом заканчивается конструирование агрегата рабочего органа приспособления. Он оказывается как бы закрепленным на заготовке, базируемой на геометрической оси «Ш-П-З».

Конструируется передача. В разрабатываемом приспособлении звено – шток рабочего органа перемещается вдоль геометрической оси системы «Ш-П-З». При ручном приводе оно может перемещаться от вращения его по резьбе, как показано на рисунке 6.7 б. Если в качестве привода выбрать пневмо- или гидроцилиндр с размещением его на тыльном торце шпинделя, то будем иметь прямую передачу без механизма трансмиссии.

При выполнении последующих этапов достаточно разработать узел соединения ведущего штока рабочего органа со штоком приводного пневмоцилиндра. Для этого (рисунок 6.7 б) вычерчиваются шток (тяги) приводного гидроцилиндра соосно системе «Ш-П-З» и связывающая штоки деталь, выполненная в форме пальца б, запрессованного в отверстие штоковтулки 5 и размещенного с зазором в ушке тяги 7 штока приводного пневмоцилиндра (рисунок 6.7 в).

На следующем этапе вычерчивается основная база приспособления. Но соединительный палец б проходит и через тело корпуса – втулку 2. Чтобы корпус не мешал рабочему перемещению штока, в нем вычерчивается продольный паз, длина которого несколько больше рабочего хода штока 5. Теперь в левой части главной проекции вычерчивается часть шпинделя 8. Несущая его вспомогательная база настолько смещена вправо, насколько позволяет размещение подвижных частей рабочего органа приспособления (как показано на рисунке 6.7 г). Когда вычерчена присоединительная часть шпинделя 8, зрительно определяется, какой из комплектов баз целесообразнее использовать для базирования приспособления. Так можно определить форму каждой из основных баз приспособления.

Приспособление малогабаритно, с малой консолью, поэтому для присоединения (рисунок 6.7 г) следует использовать вспомогательную базу шпинделя – конус Морзе. Но крепление (установка) на конусе ненадежно, так как силовой шток работает от пневмоцилиндра в обоих направлениях и может вытолкнуть приспособление. Поэтому, для устранения перемещения, крепление приспособления оформляем как гайку 9, навинчиваемую на наружную резьбу шпинделя 8 (рисунок 6.7 д). Так выглядит чертеж общего вида нашпindelного приспособления.

Методика постановки размеров на чертеже общего вида приспособления будет рассмотрена отдельно.

6.1.4 Базовые конструкции нашпindelных приспособлений

Методика разработки чертежа общего вида конструкции приспособления рассмотрена для одной операции, для одной принципиальной схемы. Структура приспособления и форма его конструктивных элементов выбирались исходя из логики одной позиций. Понятно, что можно руководствоваться другими соображениями, а в результате получатся другие конструкции.

Нашпindelные приспособления, которые реализуют, установку путем охватывания заготовки, принято называть патронами, а охватываемые заготовкой — оправками. Современное машиностроение, как и техника вообще, располагает большой номенклатурой конструкторских решений (конструкций) нашпindelных приспособлений, разработанными разными авторами, в разное время по изложенной методике. Затем эти конструкции изготавливались, использовались в производстве, недостатки конструкций исправлялись, говорят «отрабатывались, дорабатывались конструкции». Конструкции, наиболее полно отвечающие своей функциональной задаче и лучшим образом удовлетворяющие ограничительным условиям, включались в стандарты и рекомендовались конструкторам для повторного использования. В настоящее время количество стандартов на конструкции приспособлений и их элементы достаточно разнообразны. Стандарты регистрируют достигнутый (нижний) уровень конструкторских разработок, но не исключает возможности разработки конструкции более высокого уровня.

В большой номенклатуре стандартных приспособлений нашпindelного типа имеются наиболее характерные представители, называемые базовыми. Они реализуют ту или иную принципиальную схему. Наиболее распространенными являются кулачковые патроны и планшайбы.

Патроны отличаются один от другого количеством кулачков и механизмами передачи их рабочего перемещения от привода.

Трехкулачковые патроны с ручным приводом работают по принципу, показанному на рисунок. 6.4 б, цапговые - рисунок. 6.4 в. В отличие от первых четырехкулачковые патроны имеют независимое регулирование каждого отдельного кулачка.

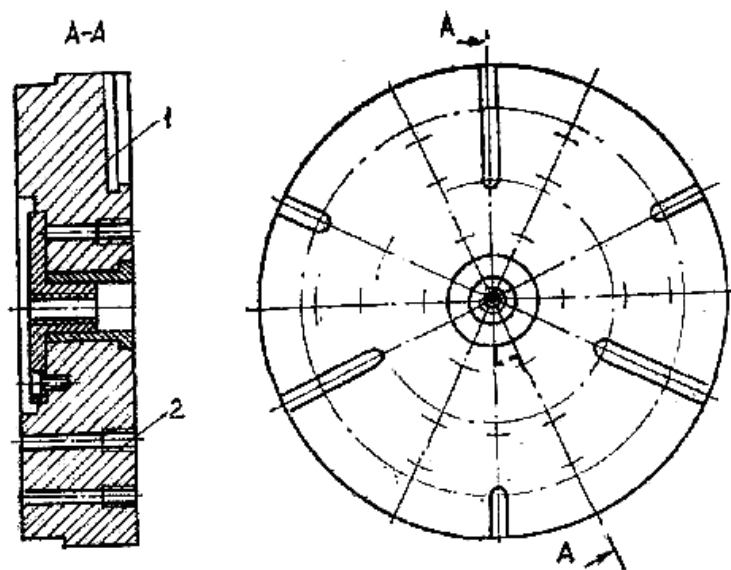


Рисунок 6.8 - Схема планшайбы

Планшайбы представляют собой устанавливаемые на шпинделе диски (рисунок 6.8), на лицевом торце (правом по рисунку) которых имеются радиальные Т-образные пазы 1 и аксиальные резьбовые отверстия 2. На них устанавливаются дополнительно или прихваты, или другие элементы, необходимые для установки заготовки путем закрепления их болтами или винтами, входящими в Т-образные пазы или резьбовые отверстия. Пример использования планшайбы показан на рисунке 6.9 б. На планшайбе 1, установленной на станке, крепится угольник 2, несущий на верхней своей плоской поверхности установочные штифты 5. На плоскую поверхность опирается обрабатываемая заготовка 3. Положение ее фиксируется штифтами 5, закрепление производится винтом кронштейна 4.

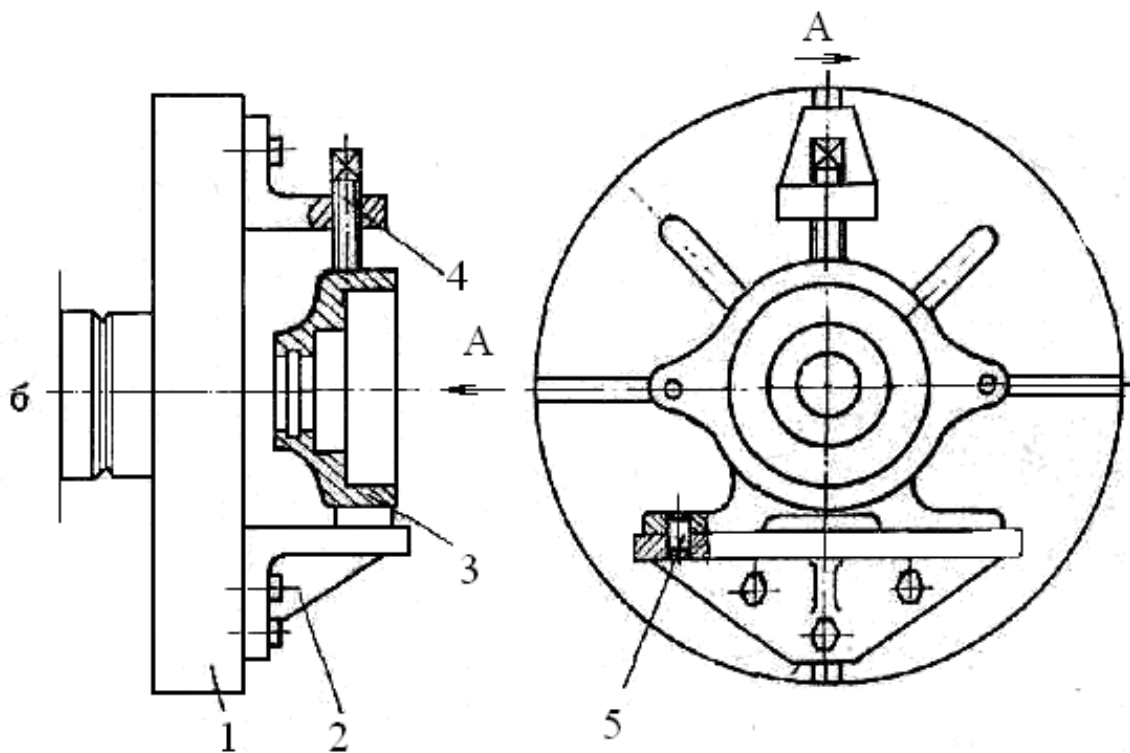


Рисунок 6.9 - Схема установки заготовки на планшайбе

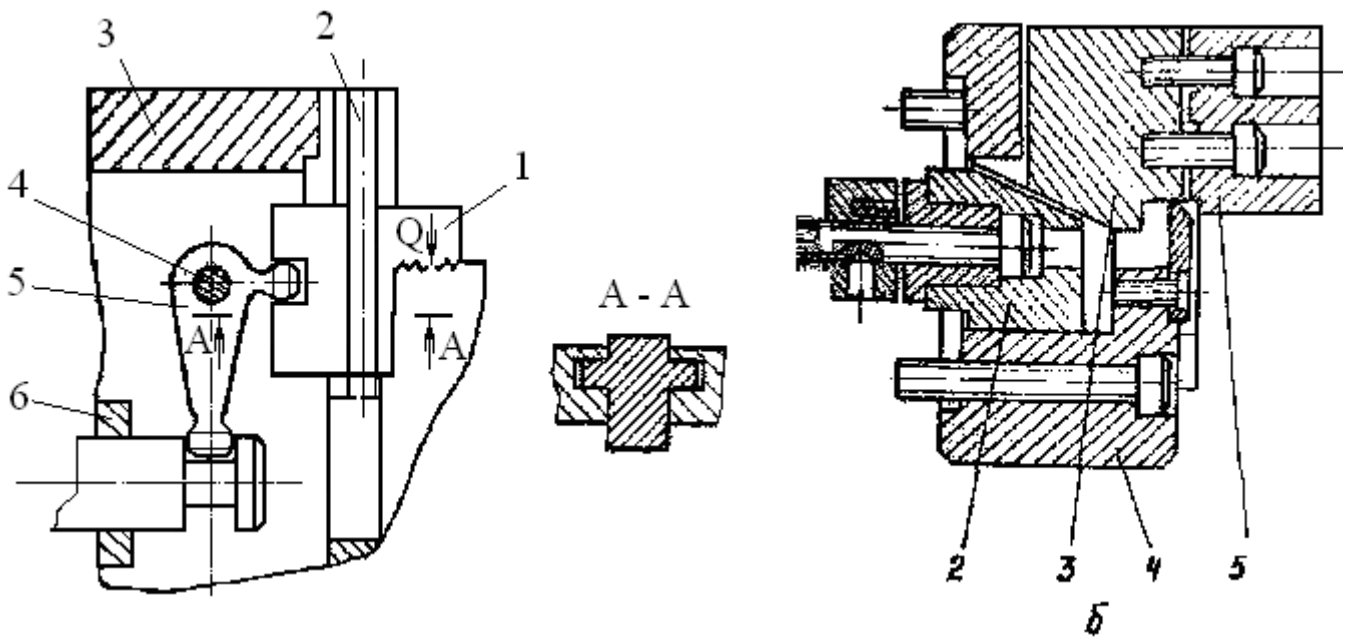
Некоторые принципиальные схемы базовых нашпindelных приспособлений и, в их числе, оправок показаны в схемах на рисунке 6.4.

Конкретное исполнение нашпindelного приспособления на основе базовых конструкций производится согласно конкретному выполнению технологической операции и требованиям к ее результату. Общим является требование максимального использования стандартных конструктивных элементов в конструкции разрабатываемого приспособления.

Номенклатуру базовых нашпindelных станочных приспособлений составляют четыре основных группы: патроны, планшайбы, центры, оправки.

Патроны предназначены для установки на шпинделе относительно коротких деталей. Различают универсальные и специальные патроны.

Одна из конструкций универсального самоцентрирующего трехкулачкового патрона приведена на рисунке 6.4 б. Патроны этого типа с большим количеством (6 – 8) кулачков здесь не приводятся, а двухкулачковый самоцентрирующий патрон показан на рисунок 6.8 в. Он работает так же, как и трехкулачковый. Привод этих патронов ручной. Примеры самоцентрирующих кулачковых патронов, приводимых в действие от механизированного привода, изображены на рисунке 6.9. Они конструктивно отличаются от первых механизмом передачи движения и усилия от привода к рабочим элементам – кулачкам.



a – рычажный; *б* – клиновой

Рисунок 6.10 – Схемы самоцентрирующих патронов

На рисунке 6.10 *a* изображена конструкция самоцентрирующего рычажного патрона. На рисунке показана часть патрона, относящаяся к рычажному механизму на один кулачок. Кулачок 1, установленный в направляющих 2 корпуса 3, приводится в действие рычагом 4, установленные на оси 5 и получающим качательное перемещение от силового штока 6, связанного со штоком приводного пневмо- или гидроцилиндра.

На рисунке 6.10 *б* показан самоцентрирующий клиновой патрон. В отличие от предыдущего патрона (рисунок. 6.10 *a*) передача перемещения от силового штока 1 кулачку 3, установленному в направляющих корпуса 4, осуществляется клиновым механизмом, образованным наклонными пазами в головке 2 щитка 1, в которые входят соответствующие выступы кулачков 3. Перемещения головки 2 в осевом направлении сообщают радиальные перемещения кулачкам 3, несущим сменные кулачки 5, и тем закрепляют или раскрепляют установленную в кулачках деталь.

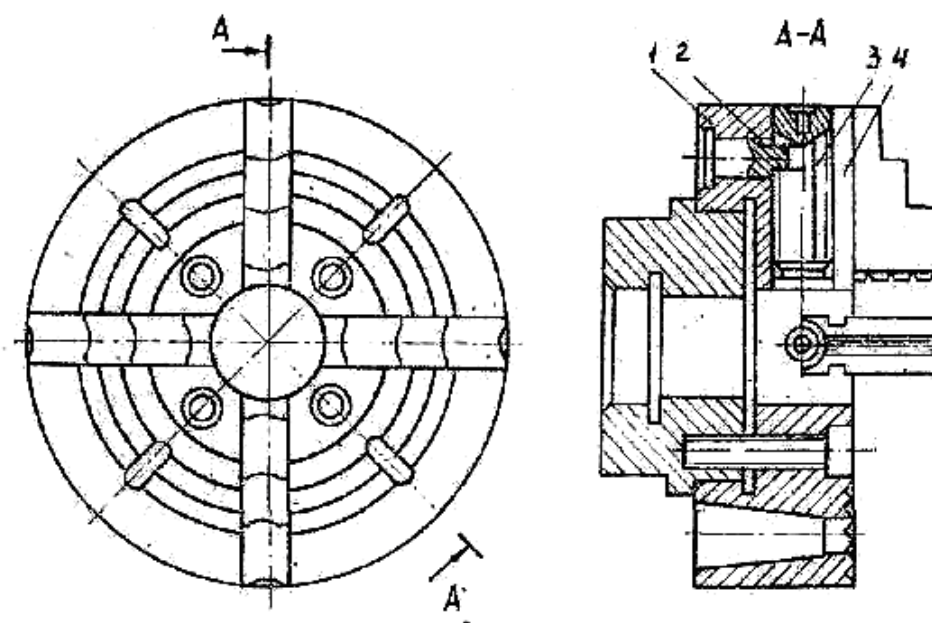


Рисунок 6.11 - Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков

Наряду с самоцентрирующимися имеются конструкции патронов с независимым перемещением кулачков. Они могут быть двух-, трех-, а чаще, четырехкулачковыми. На рисунке 6.11 показан четырехкулачковый патрон. Каждый из его кулачков имеет индивидуальный привод и регулируется независимо от других.

Во взаимно перпендикулярных пазах корпуса *1* встроены сухари *2*, в которые заложены кольцевыми выточками винты *5*. С резьбой винтов контактирует (соединяется) резьба тыльной части кулачков *4*, установленных в направляющих пазах корпуса *1*. Перемещение каждого кулачка производится вращением винта *3*, охраняемого от осевого перемещения сухарем *2*.

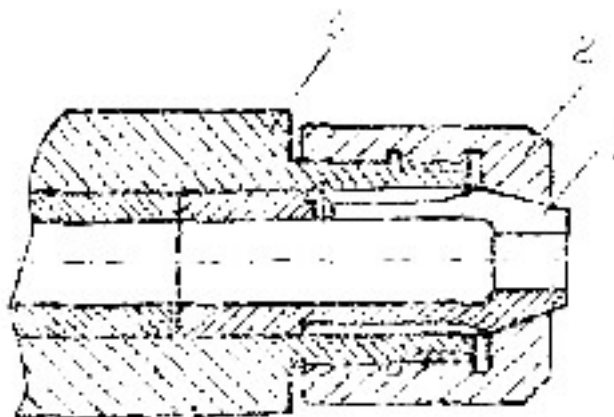


Рисунок 6.12 – Сверлильный патрон

Для закрепления инструмента, сверл, концевых фрез с цилиндрическими хвостовиками имеются цанговые и кулачковые конструкции патронов. Первый тип приводится на рисунке 6.12. Рабочий элемент выполнен в виде цанги 1, которая охватывается внутренним конусом гайки 2, навинчиваемой на корпус 3. При навинчивании гайки 2 лепестки цанги 1 сходятся и закрепляют инструмент, при свинчивании – освобождают.

Известен ряд специальных патронов. На рисунке 6.13 показан мембранный патрон.

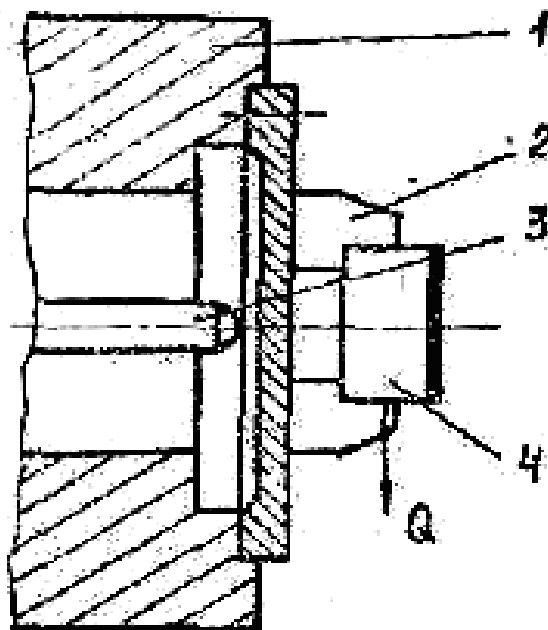
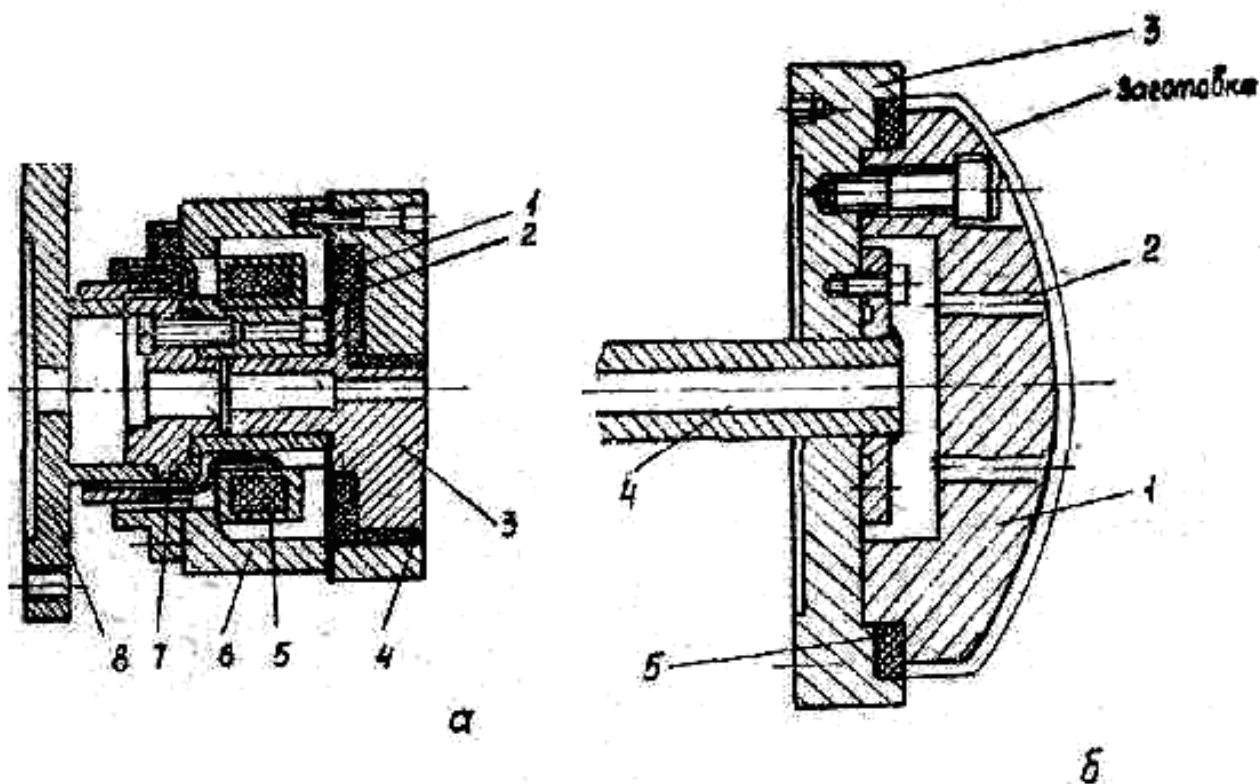


Рисунок 6.13 – Мембранный патрон

В нем на корпусе патрона закреплена дисковая мембрана 1, на внешнем торце которой имеются концентрично расположенные кулачки 2, а с тыльной стороны к мембране 2 подходит силовой шток 3. При выдвигении штока 3 (по рисунку вправо) шток выпучивает мембрану 1, кулачки 2 расходятся, освобождая зажатую деталь 4. После закладки детали 4 между кулачками шток отводится, упругие силы возвращают мембрану в исходное положение, зажимая кулачками 2 деталь 4.

На рисунке 6.14а приводится конструкция электромагнитного патрона.

Он представляет собой диск 4, в ограниченных радиальных пазах которого, выполненных в форме крыльчатки, размещен сердечник 3, отделенный по всему контуру от тела диска 4 диамагнитной прокладкой 2. Диск 4 через разделительную диамагнитную кольцевую прокладку 1 закреплен на корпусе 6, в кольцевой полости которого находится намагничивающая катушка 5. Корпус 6 через фланец 7 соединен с планшайбой 8.



a – электромагнитный; *б* – вакуумный

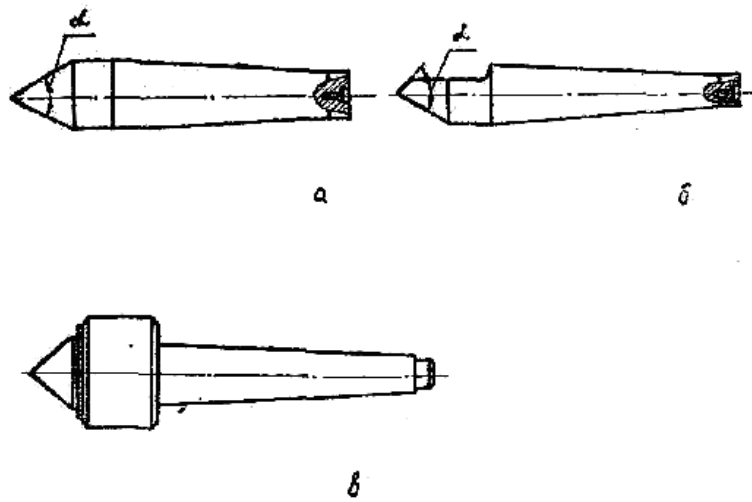
Рисунок 6.14 - Специальные патроны

Для установки маложестких (тонкостенных) заготовок из немагнитного материала используют *вакуумные* приспособления. На рисунок 6.14 *б* показан пример такого приспособления.

Он содержит планшайбу 3, на которой закреплен ложемент 1, имеющий осевые отверстия 2, выходящие в полость, образованную ложементом 1 и планшайбой 3 и соединенную с каналом трубы 4, которая связана с вакуумным источником. Заготовка при установке своими основными базами опирается на вспомогательные – ложемент 1. Герметичность полости обеспечивается уплотнителем 5.

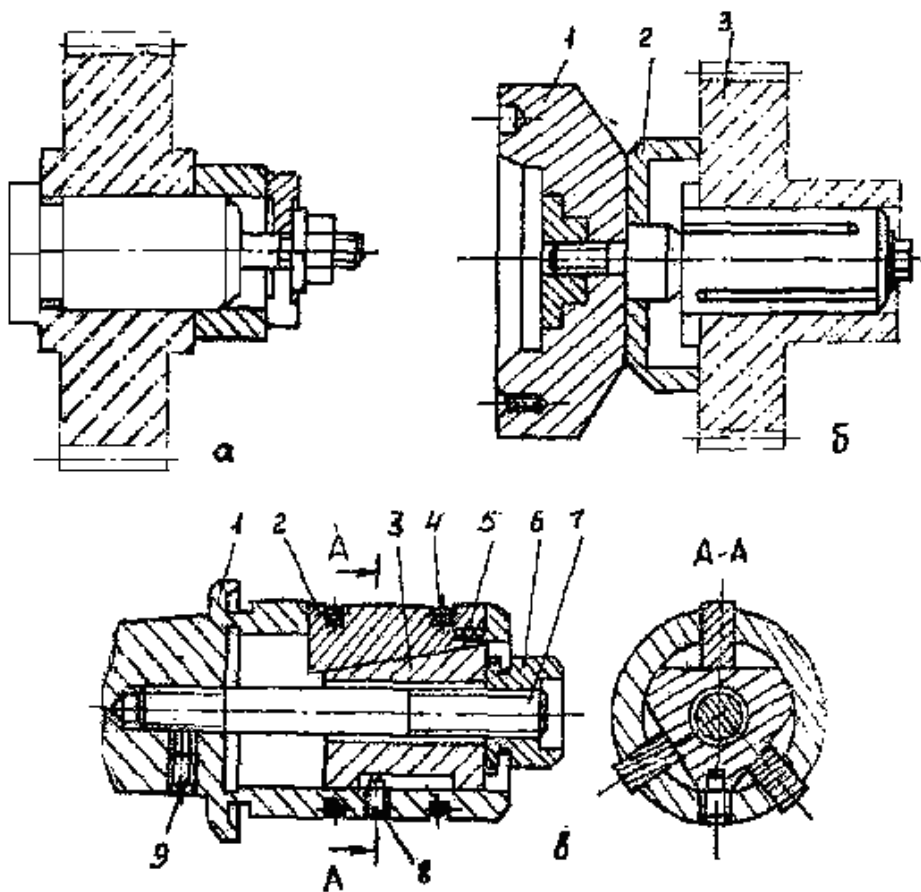
Центры как структурный элемент СПИД имеют и основную и вспомогательную базы в форме конусов. Их подразделяют на упорные (рисунок 6.15 *а,б*) и вращающиеся (рисунок 6.15 *в*). Их формы стандартизованы: упорные – ГОСТ 2575-79 и др.; вращающиеся – ГОСТ 8742-75 и поводковые.

Оправки предназначены для установки деталей по базовым поверхностям отверстий. По принципу действия они аналогичны соответствующим конструкциям патронов, только в отличие охватывающих патронов они являются охватываемыми. На рисунке 6.16 показаны отдельные их конструкции.



a и *б* — упорные, *в* — вращающиеся

Рисунок 6.15 – Центры



a — гладкая; *б* — цанговая; *в* — кулачковая

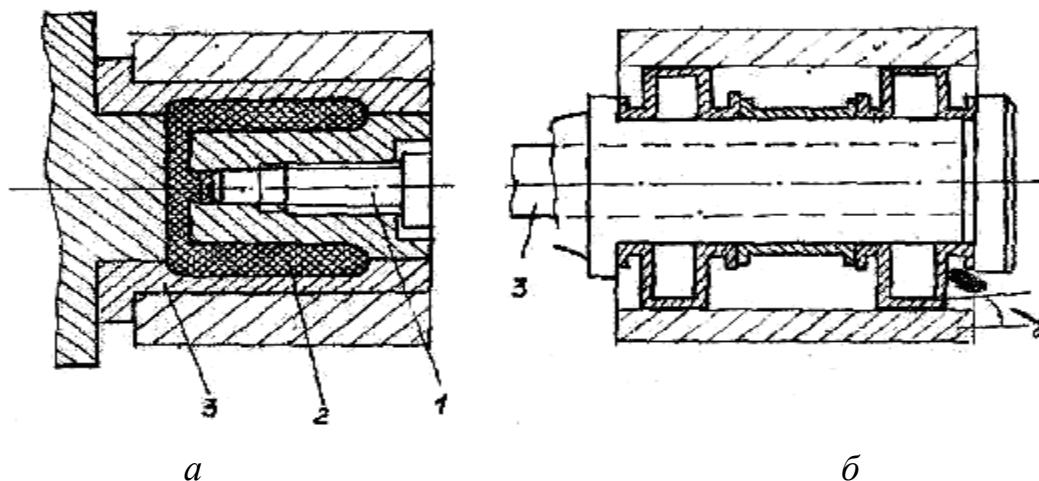
Рисунок 6.16 – Нашпindelные оправки

Гладкая оправка (рисунок 6.16 *a*) имеет стержневую часть *1* с фланцем, на которую надевается обрабатываемая деталь *2* и поджимается через втулку *3* гайкой *4*. Цанговая оправка (рисунок 6.16 *б*) между стержнем *1* с конусом и

деталью имеет цангу, разжимаемую гайкой 2.

Кулачковая оправка (рисунок 6.16 *в*) имеет кулачки 2, установленные в направляющих радиальных полостях корпуса 1 изнутри и взаимодействующие с наклонными лысками втулки 3. От выпадания кулачки предохраняются охватывающими пружинами 4. Втулка 3 направляется винтом 4. Закрепление детали осуществляется навинчиванием на шпильку 7 гайки 6.

Специальные конструкции оправок для радиального перемещения вспомогательной базы содержат упругие элементы, приводимые в действие или осевым поджимом упругих элементов, или нагнетанием тела-заполнителя в замкнутую полость упругого элемента. Такого рода конструкторские решения показаны на рисунке 6.17. На рисунке 6.17 *а* приведена конструкция оправки с тонкими упругими стенками и гидропластмассовым наполнителем. Замкнутая полость оправки 3 заполнена гидропластмассой. В ее отверстие входит винт 1. Ввинчиванием винта 1 производят нагнетание гидропластмассы 3, отчего закрепляется деталь 4, а при вывинчивании деталь раскрепляется. На рисунке 6.17 *б* на цилиндрической части оправки надеты упругие элементы 1, осевой поджим которых осуществляется головкой силового штока 5. При поджатии упругих элементов 1 деталь 2 закрепляется, при отжиме – освобождается.



а – с гидропластмассовым наполнителем;
б – с гофрированными втулками

Рисунок 6.17 – Оправки

6.2 Конструирование настольных приспособлений

К настольным относятся приспособления, устанавливаемые на столе (или суппорте) станка. Они представляют собой механическую систему, осуществляющую статическую связь стола (суппорта) с инструментом, заготовкой или изделием, и образуют статическую систему стол (суппорт) –

приспособление – заготовка (инструмент, изделие) (СПЗ) в системе СПИД. Функциональная задача настольных приспособлений – обеспечить точность установки заготовки, инструмента или изделия в системе координат стола (суппорта).

Стол каждого станка имеет один или два комплекта вспомогательных баз. Комплект составляет плоская поверхность стола с продольными (а иногда и взаимно перпендикулярными) Т-образными пазами. На вращающихся столах, кроме того, имеются конусы Морзе в полостях шпинделей, расположенные соосно оси вращения. Стандартные формы комплектов вспомогательных баз столов (суппортов) приводятся на рисунке 6.18.

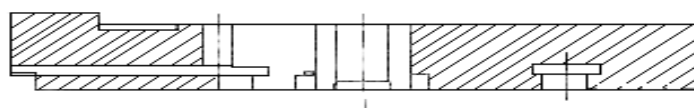
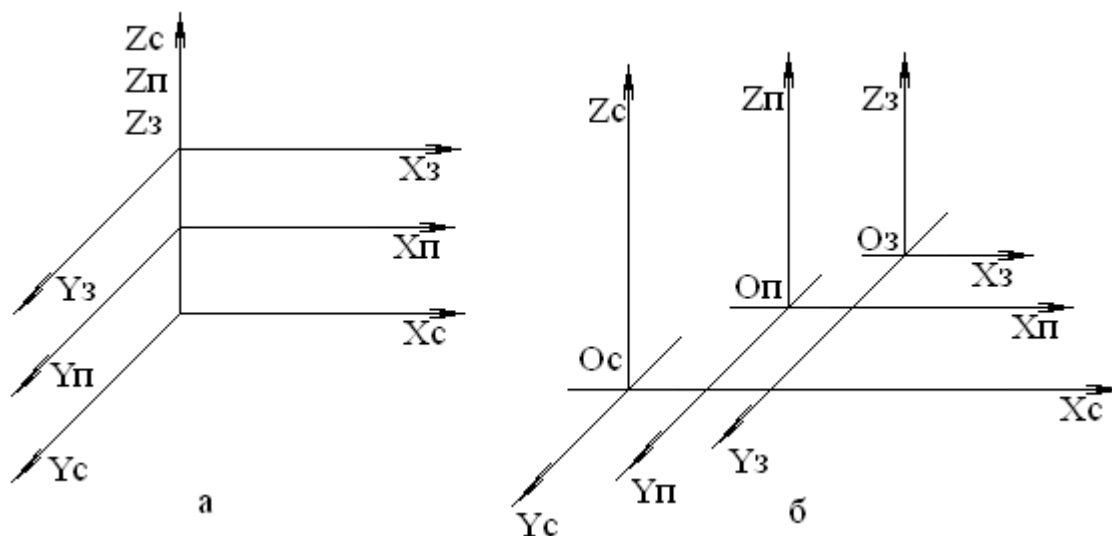


Рисунок 6.18- Формы вспомогательных баз станка

Установка заготовки, изделия или инструмента осуществляется непосредственно на столе или посредством приспособления. Приспособление также позволяет преобразовать комплект вспомогательных баз стола (суппорта) в комплект, согласованный с формой и размерами заготовки, инструмента, изделия.

6.2.1 Координатная схема системы «С-П-З»

Координатная схема системы «С-П-З» в абстрактной форме показывает структуру и связь расположения координатных систем элементов «С-П-З». Применительно к системе СПЗ координатная схема изображена на рисунке 6.19. Она включает в себя три системы координат.



a – для вращающегося стола; *б* – для стола с линейным перемещением
Рисунок 6.19 - Координатные схемы системы «С-П-З»

На рисунке 6.19 б показана координатная схема системы «С-П-З» для стола с линейным перемещением вдоль одной, двух или всех трех осей координат. Соответственно схеме преимущественное рабочее перемещение стола – вдоль оси X . Одна из них, базовая, принадлежит столу (суппорту) и отмечена индексом «с», вторая, принадлежащая приспособлению, – индексом «п», третья (заготовке) – индексом «з».

На рисунке 6.19 а показана координатная схема системы «С-П-З» для вращающегося стола. Стол, в этом случае, выполняет роль промежуточного приспособления, установленного на шпинделе. Рабочее приспособление устанавливается на стол или в конусе полости шпинделя в положении, необходимом для выполнения операции. В этом случае координатная схема отличается от системы «Ш-П-З» (рисунок 6.2) только вертикальным расположением базовой оси A , стол в системе «С-П-З» выполняет при установке заготовки ту же функцию, что и планшайба (рисунок 6.8) в системе «Ш-П-З».

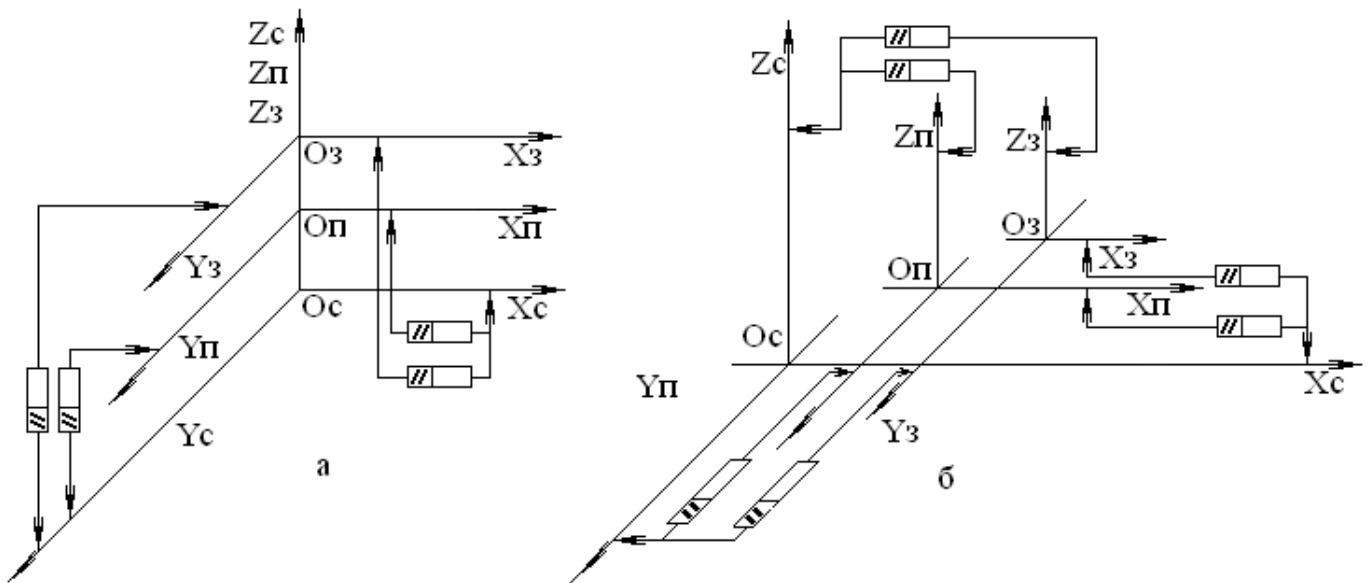
Стол (суппорт) является исполнительным элементом агрегата рабочего органа станка. Координатная система стола является базовой в координатной схеме системы «С-П-З». Рассматривая настольное приспособление как подсистему в системе «С-П-З», с одной стороны, и как систему составляющих его элементов, с другой, представляется возможным выделить в нем входной (ведущий) элемент и выходной (ведомый). Первым является комплект основных баз приспособления, вторым – комплект вспомогательных.

6.2.2 Функциональная и принципиальная схемы настольного приспособления

Система «С-П-З» – статическая система. Значит, связь элементов – статическая, размерная. Функциональная схема системы «С-П-З» показана на рисунке 6.20.

Каждая подсистема в ней представлена условно соответствующими системами координат. Функциональная связь – размерная, определяющая параллельность соответствующих осей координат каждой из подсистем стола, приспособления, заготовки. Идеальная точность установки – номинальная, отклонение от параллельности $\varepsilon_n = 0$.

В отличие от функциональной схемы нашпиндельного приспособления функциональная схема системы «С-П-З» регламентирует размерную связь соответствующих координатных осей систем координат каждого из составляющих элементов.



a – с вращающимся столом; *б* – с перемещающимся столом

Рисунок. 6.20 – Функциональные схемы системы «С-П-3»

Следовательно, основной принцип действия системы «С-П-3» можно сформулировать так:

для выполнения системой функции назначения – установки заготовки в системе координат стола в положение, необходимое для обеспечения точности расположения обрабатываемой поверхности заготовки относительно обработанных на предшествующих операциях, необходимо обеспечить параллельное расположение соответствующих осей систем координат, приспособления и заготовки.

В отличие от системы «Ш-П-3», для СПЗ необходимо определить положение трех геометрических осей заготовки в системе координат стола станка и обеспечить при этом параллельное их расположение.

Принципиальная схема выполняется сообразно функциональной, которая служит заданием на разработку принципиальной схемы.

При разработке принципиальной схемы системы «стол – приспособление – заготовка» (инструмент, изделия) удобнее применять ступенчатый подход. Сначала определяется принципиальная схема системы приспособление – заготовка, затем эта система связывается со столом станка; в результате получается система «С-П-3» как единый сложный элемент, входящий в систему СПИД.

При разработке или изыскании принципиальной схемы системы ПЗ также удобнее подходить к решению ступенчато, то есть начинать с разработки принципиальной схемы системы более низкого порядка (рабочий орган – заготовка). Тогда обеспечение заданного координатной и функциональной схемами расположения и закрепление заготовки обеспечиваются путем совмещения каждой из вспомогательных баз рабочего органа приспособления с соответствующими основными базами

заготовки. При этом надо в схеме исключить или свести к минимуму элементы и формы их связи, вносящие погрешности.

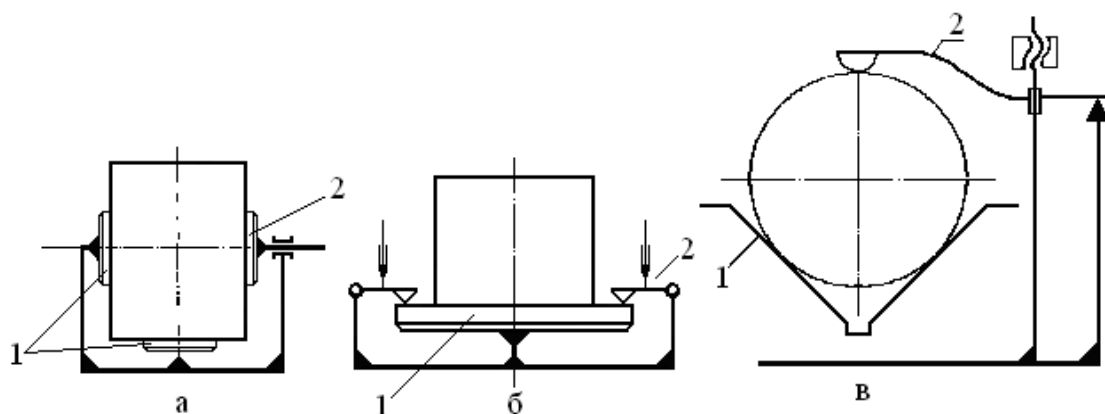
Точность установки заготовки в приспособлении определяется точностью совмещения основных баз заготовки с вспомогательными приспособления. Более высокую точность можно получить, когда совмещаются скрытые базы заготовки и рабочего органа приспособления. В этом случае погрешности явных баз заготовки и рабочего органа приспособления имеют минимальное значение.

Заготовка изображается в трех проекциях в положении выполнения технологической операции. Затем на схему наносится положение скрытых баз, размещаются скрытые базы — точки. После этого, сообразно базам, наносятся на схему элементы рабочего органа, которые лучшим образом реализуют установку по скрытым базам.

Строить принципиальную схему следует начинать по отдельным ее элементам, реализующим установку сначала по каждой базе — точке, независимо одна от другой. Только потом ищется возможность (если она предоставляется) объединять первичные элементы схемы.

Принципиальная схема может иметь несколько вариантов решения. Каждая из них должна быть изображена. Потом производится сопоставительный анализ схем. Для разработки конструкции выбирается та из них, которая обеспечивает минимальную погрешность установки заготовки в приспособлении.

В зависимости от способа базирования заготовки принципиальная схема настольного приспособления выполняется различно. При использовании явных баз схема рабочего органа включает два вида элементов: базирующие и прижимные, а при использовании скрытых — один тип, выполняющий роль и базирующего, и прижимного. Последние называют самоцентрирующимися.



a — тисочного типа; *б* — прихваты; *в* — с призматическим опорным элементом

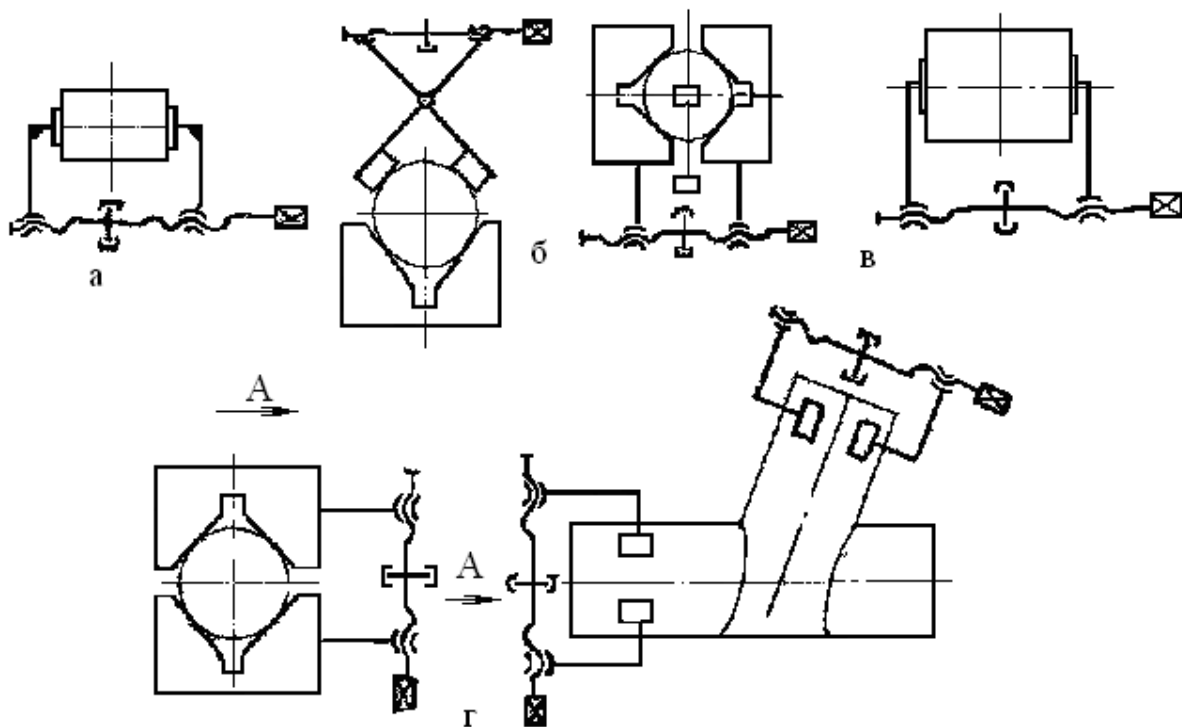
Рисунок 6.21 – Принципиальные схемы настольных приспособлений

На рисунке 6.21 показаны примеры принципиальных схем настольных приспособлений установка по явным базам. Эти устройства тисочного типа и различаются только формой базирующей 1 и прижимного 2 элементов. На

рисунке 6.21 *а* показана схема, в котором прижимной элемент 2 перемещается горизонтально; на рисунке 6.21 *б* – несколько прижимных элементов 2 с вертикальным рабочим перемещением; на рисунке 6.21 *в* – схема с вертикальным прижимным элементом 2, а базирующим 1 является призма. Прижимные элементы двух последних схем называют прихватами.

На рисунке 6.22 показаны принципиальные схемы рабочих органов приспособлений, в которых используются скрытые базы: плоскости симметрии, геометрические оси, точки.

На рисунке 6.22 *а* показана схема установки призматической заготовки в устройстве тисочного типа, когда одна из баз заготовки (и приспособления) скрытая. Скрытой базой здесь является плоскость симметрии, а постоянство ее расположения обеспечивается самоцентрированным подводом прижимных элементов. Другая схема установки заготовки с использованием базы – плоскости симметрии – показана на рисунке 6.22 *б*. В ней постоянное положение плоскости симметрии обеспечивается опорой заготовки на призму с самоцентрированными прижимами. На рисунке 6.22 *в* дана принципиальная схема рабочего органа, в котором в качестве скрытой базы выступает геометрическая ось. Постоянство ее положения обеспечивается постоянством расположения двух скрытых баз – плоскостей симметрии. Одна из них является плоскостью симметрии встречных призм, другая – плоскостью симметрии самоцентрированного схождения прижимных элементов. Пересечение двух этих плоскостей симметрии образует прямую, совпадающую с геометрической осью цилиндрической заготовки.



а и *б* – по плоскости симметрии; *в* и *г* – по скрытой базе – точке

Рисунок 6.22 – Принципиальные схемы установки заготовок по скрытым базам

На рисунке 6.22 *г, е* изображены принципиальные схемы рабочего органа, в котором используется скрытая база – точка, являющаяся геометрическим центром цилиндрической заготовки. Эта схема аналогична изображенной на рисунке 6.22 *в*, но дополнена самоцентрирующим механизмом, действующим на торцы цилиндра. Установка по скрытой базе тройника ранее была показана на рисунке 6.5.

6.2.3 Разработка чертежа общего вида

Методика разработки чертежа общего вида настольного приспособления такая же, как и напшпindelного. Отличие обусловлено только отличием их координатной и функциональной схем. Поэтому процесс разработки целесообразно рассмотреть на примере приспособления для операции 3 «фрезеровать ушко» детали соответственно указанной на рисунке размерной связи поверхностей.

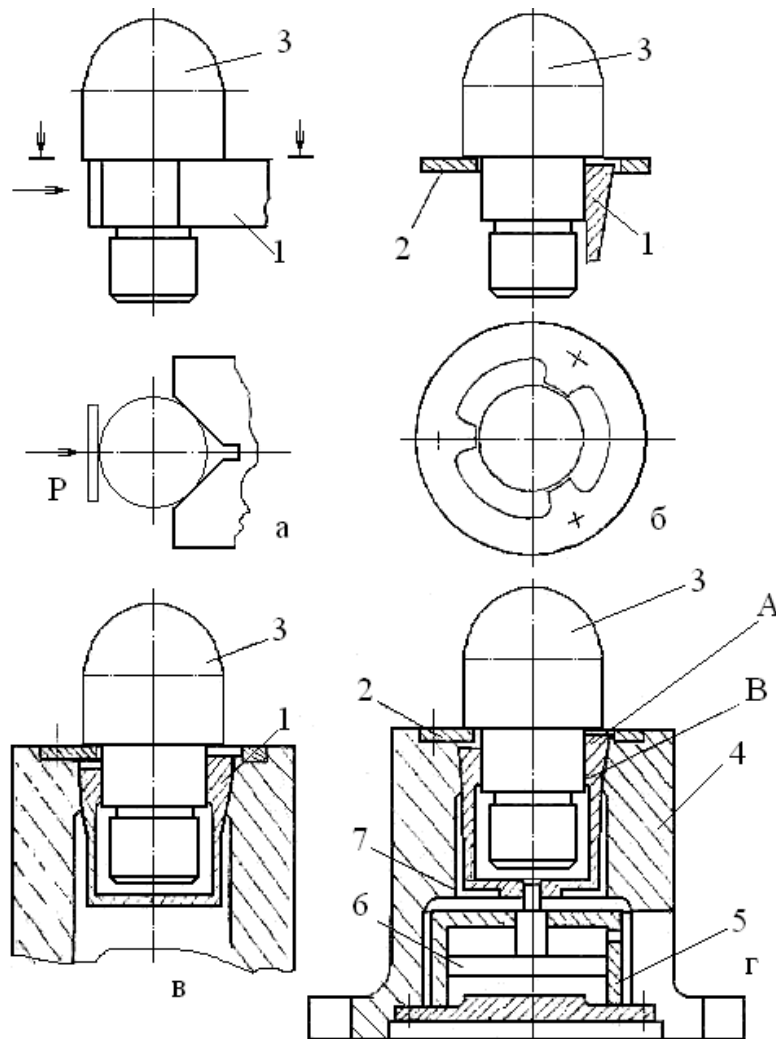
После вычерчивания координатной схемы и контура заготовки вычерчиваются опорные и прижимные элементы будущего приспособления в рабочем положении, когда они своими вспомогательными базами контактируют с основными базами заготовки. Они находятся как бы в «присосе» к заготовке, сбазированной по скрытой базе геометрической оси заготовки. Конструкция па этом этапе выглядит так, как показано на рисунке 6.23 *а*.

Разработчик на этом этапе должен выбрать форму, количество и способ действия установочных элементов рабочего органа приспособления. Такой выбор начинается с анализа требований к результату выполнения технологической операции, а следовательно, требований к рабочему органу приспособления, его установочным элементам.

1 В соответствии с размерной связью элементами отсчета размеров являются плоскость симметрии, торец А ушка. Они указаны в качестве технологических баз. Третья размерная связь отсутствует, так как ушко фрезеруется на проход.

Плоскость симметрии – скрытая база, а поверхность А – явная. Установка должна быть выполнена по сочетанию баз скрытых с явными.

2 Поскольку исходная база – поверхность вращения, а плоские поверхности ушка после обработки размерно связаны только с цилиндрической поверхностью, то для обеспечения базирования при установке по плоскости симметрии достаточно установить заготовку по геометрической ее оси и тем обеспечить выполнение размерной связи – симметричности расположения плоских поверхностей ушка относительно цилиндрической поверхности пробки, как указано на рисунок. 6.15 *в*.



a и *б* – вычерчивание опорных и опорно-зажимных элементов;
в – вычерчивание рабочего органа;
г – вычерчивание привода и части корпуса

Рисунок 6.23 – Последовательность разработки чертежа общего вида

3 Установочные элементы должны иметь форму, обеспечивающую самоцентрированную установку заготовки по скрытой базе плоскости симметрии или геометрической оси. К таковым относятся призма, кулачки, цанга и им подобные.

4 Способ действия установочных элементов должен наилучшим образом обеспечить постоянство (точность) размера высоты фланца на настроенном на размер станке. Это условие выполняется, если при установке заготовки обеспечивается непрерывность контакта основной базы заготовки с вспомогательной приспособления (базирующего элемента).

5 Для обеспечения последнего условия установочные элементы любой формы должны при закреплении увлекать заготовку в направлении вспомогательной базы приспособления и прижимать к ней основную опорную базу заготовки, то есть поверхность *A*.

Согласно этим требованиям выбираются и вычерчиваются во всех трех проекциях установочные элементы рабочего органа, определяется способ их действия.

Применительно к рассматриваемому случаю возможны 2 варианта форм установочных элементов и способов их действия (рисунок 6.23).

На рисунке 6.23 *а* установочным элементом выбрана призма 1, а прижимным – пластина (губка) 2. Скрытые базы – плоскости симметрии установочного элемента 1 и заготовки 3 совпадают и лежат в плоскости РР разреза проекции. Этим обеспечивается при обработке стабильность симметричности. Для стабильности размера 3 толщины полки на настроенном на размер станке необходимо, чтобы контакт баз А был неотрывным. Значит, должно быть предусмотрено действие, досылающее заготовку. Нередко применяют удары инструментом, но это решение неприемлемо. Приспособление должно само при закреплении заготовки обеспечивать неотрывность контакта баз. Это условие является обязательным при роботизированном обслуживании процесса исполнения технологических операций.

На рисунке 6.23 *б* установочные элементы выбраны в таком сочетании, когда неотрывность контакта опорных баз заготовки и приспособления гарантируется их действием в процессе закрепления заготовки в будущем приспособлении, а основная установка производится по скрытой базе – геометрической оси ОО. Применяются два установочных элемента: лепестки цанги 1 и шайба 2. Из двух приведенных на рисунке 6.23 вариантов второй полнее отвечает требованию к результату функционирования (установке). По нему следует разрабатывать общий вид конструкции приспособления.

Схема действия приспособления с цанговым зажимом показана на рисунке 6.4 *б*. На ее основе следует продолжить разработку конструкции.

На следующем этапе вычерчиваются конструктивные элементы, взаимодействующие с установочными. Это иллюстрирует рисунок 6.23 *в* (для компактности изображение дается только в одной проекции вместо трех). В нижней части чертеж не закончен. Вычерчен только рабочий орган приспособления.

Затем вычерчивается передача и привод в положении, связанном с рабочим органом. Для обеспечения служебной функции надо цангу 1 переместить вдоль геометрической оси ОО. Тогда конусная ее часть будет сводить лепестки к центру, увлекая своим движением заготовку 3 вниз. При этом образуется неотрывный контакт опорной базы с опорным элементом — шайбой приспособления. Такой рабочий орган обеспечит стабильность обоих выполняемых размеров на настроенном станке. Вычерчиваются шток 7, присоединенный к цанге 1 (рисунок 6.23 *г*), затем связанный с ним поршень 6 и гидроцилиндр 5 (лучше взятый из стандартов).

После этого для осуществления общей связи всех элементов, вычерченных на предыдущих этапах, в единую систему определяется и

вычерчивается форма корпуса 4. Детали крепления элементов между собой и с корпусом на рисунок 6.23 *г* не изображены: они вычерчиваются в ходе выполнения чертежа общего вида приспособления. После этого на чертеж наносятся габаритные размеры приспособления и проставляются посадки сопряжений его элементов. На рисунке 6.23 изображены поэтапные построения чертежа общего вида, поэтому их несколько. Чертеж же выполняется в трех проекциях в указанной последовательности.

В результате получается конструкция приспособления. Оно работает так. Заготовка 3 располагается вертикально. Поверхность *B* охватывается лепестками цанги 1, размещенными в корпусе 4. Цанга 1 соединена с вертикальным штоком 7 пневмогидроцилиндра 5. На корпусе 4 установлена шайба 2, служащая опорой заготовке 3.

Устанавливают заготовку 3, сначала разместив, поверхность *B* в полости цанги 1, а поверхность *A* опирают на шайбу 2. При действии установочных элементов цанга 1, зажимая заготовку 3, одновременно прижимает ее поверхностью *A* к опорной шайбе – опоре 2. Этим обеспечивается неразрывность контакта основной базы заготовки с вспомогательной приспособления, а значит, и точность установки заготовки в системе координат стола станка.

В разрабатываемом устройстве передача может быть прямой без преобразующего механизма (рисунок 6.23). Но преобразующий механизм рычажного типа может понадобиться, если силовой цилиндр или другой привод расположен горизонтально или под углом к оси цанги.

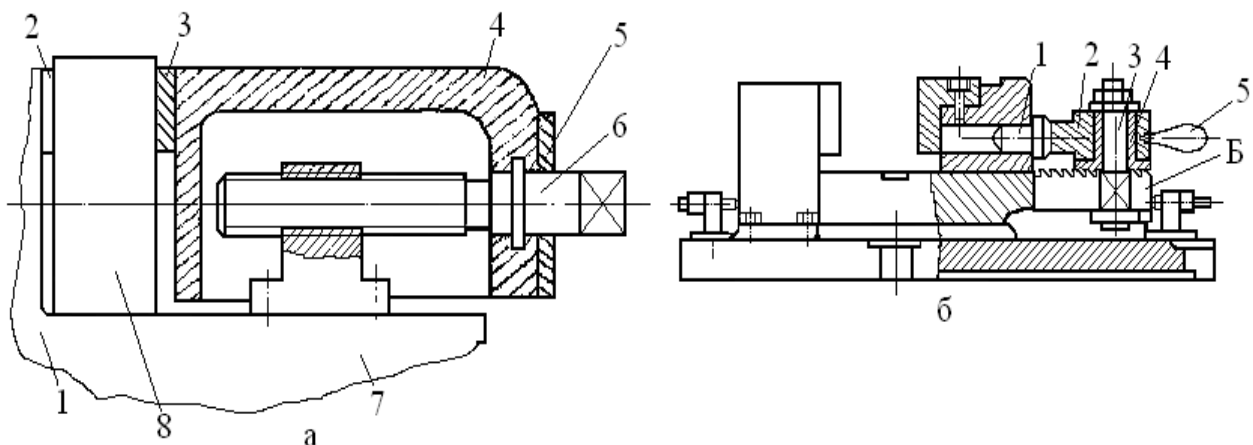
Разработка других приспособлений с применением призм и кулачков ведется аналогично, изменяется лишь конструктивная форма рабочего органа и соответственно ей вычерчиваются схемы передач и привода, которые затем связываются общим корпусом приспособления.

6.2.4 Базовые настольные приспособления

Базовые настольные приспособления представляют собой устройства тисочного типа или поворотные столы (рисунок 6.24).

На рисунке 6.24 *а* изображены винтовые машинные тиски. При вращении винта 6, венец которого расположен в гнезде ползуна 4 и ограничен от осевого перемещения крышкой 5, благодаря резьбе, проходящей через гайку 7, закрепленную на корпусе 1, перемещается ползун 4, несущий губку 3, и зажимает заготовку 8, прижимая ее к губке 2, закрепленной на корпусе 1. Тиски реализуют установку заготовки по явным базам.

На рисунке 6.24 *б* показаны эксцентриковые тиски. Работают они так же, только привод их в действие осуществляется поворотом рукоятки 5 эксцентрика 1, посаженного на стойку 3, закрепленную винтом 4 с гайкой на корпусе 6. Их конструктивную разновидность представляют прихваты, один из которых ранее приводился на рисунке 6.1 *а*.



а – винтовые; *б* – эксцентриковые

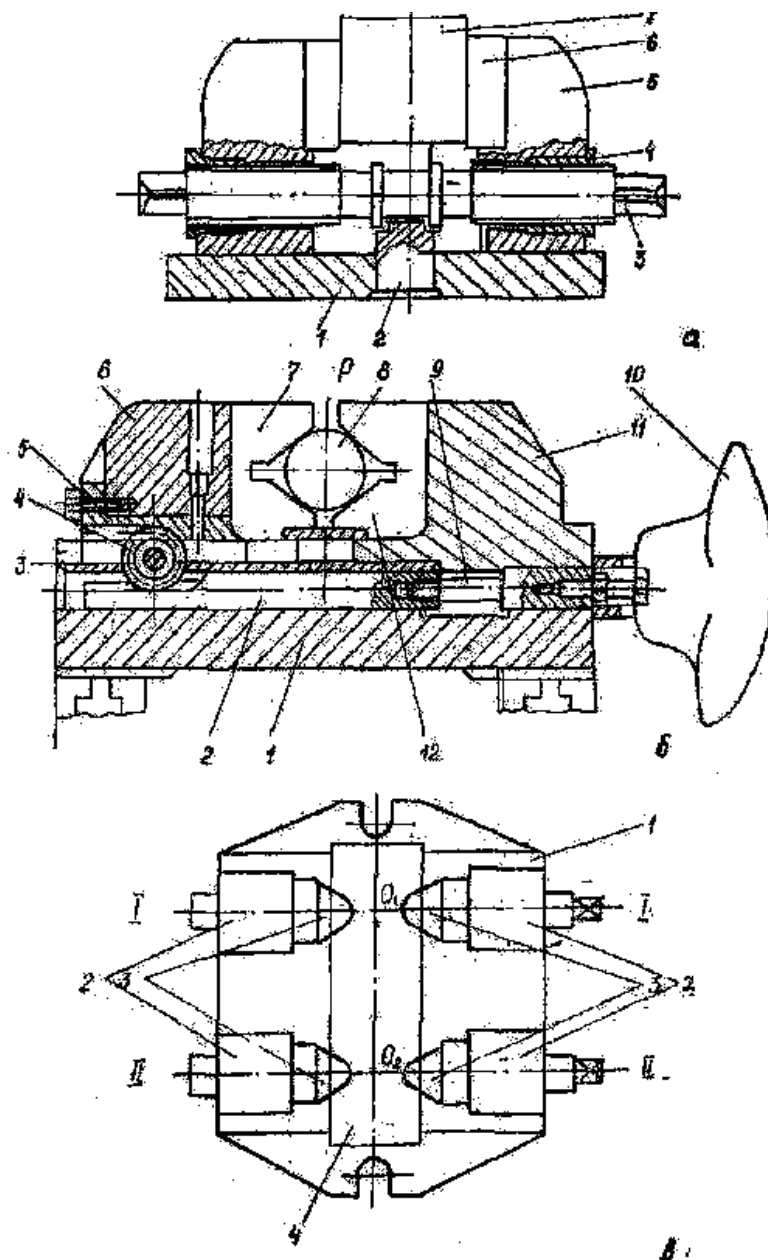
Рисунок 6.24 – Станочные тиски

Конструкции базовых устройств тисочного типа, реализующих установку заготовок по скрытым базам, показаны на рисунке 6.25. Они представляют собой самоцентрирующие станочные тиски.

На рисунке 6.25 *а* изображены винтовые самоцентрирующие тиски. На корпусе *1* посредством сухаря *2* установлен охраняемый от осевого перемещения разнозаходный винт *3*, взаимодействующий с гайками *4*, закрепленными в ползунах *5*, несущих губки *6*, которыми закрепляется (раскрепляется) заготовка *7*. Ползуны *5* при вращении винта перемещаются синхронно. При одинаковом шаге резьбы по концам винта *3* губки *6* будут сходиться, сохраняя постоянным положение плоскости симметрии РР тисков. Значит, при закреплении в них заготовки плоскость симметрии заготовки будет совмещаться с плоскостью симметрии тисков. Этим обеспечивается установка заготовки по скрытой базе – плоскости симметрии.

На рисунке 6.25 *б* изображены реечные самоцентрирующие тиски с пневматическим приводом. В отличие от винтовых, ползуны *6* синхронно перемещаются от действия силового штока *9* гидроцилиндра *10*. Шток *9*, жестко связанный с ползуном *11*, несущим призматическую губку *12*, перемещает реечную скалку *2*. Перемещение скалки через зубчатое колесо *4*, установленное на оси *3*, передается на рейку *5*, закрепленную на ползуне *6*, несущем призматическую губку *7*.

Самоцентрированное схождение губок *6* и *11* обеспечивает постоянство скрытой базы – плоскости симметрии РР, а призм губок *7* и *12* – постоянство скрытой базы – плоскости их симметрии NN. В результате заготовка *8* устанавливается по скрытой базе – геометрической оси, образованной пересечением двух плоскостей симметрии РР и NN, совмещаемой со скрытой базой – геометрической осью цилиндрической заготовки *8*.



- a* – призматическая заготовка - по плоскости симметрии;
б – цилиндрическая - по геометрической оси;
в – цилиндрическая - по двум скрытым базам - точкам

Рисунок 6.25 – Настольные приспособления (установка по скрытым базам)

На рисунке 6.25 *в* показаны самоцентрирующие тиски, реализующие установку цилиндрической заготовки по двум скрытым базам – точкам, лежащим на ее геометрической оси. Принцип их работы тот же, что и самоцентрирующих тисков, изображенных на рисунке 6.25 *a* и *б*. В этих тисках на одном корпусе *1* смонтированы две пары самоцентрированно сходящихся (расходящихся) ползунов *2*, несущих призмы *3* от независимых приводов. Заготовка *4* закрепляется в сечениях I–II и II–II, реализуя базирование по

точкам O_1 и O_2 , определяющим положение геометрической оси O_1O_2 заготовки 4. Одна из конструкций поворотного стола приведена на рисунке 6.26.

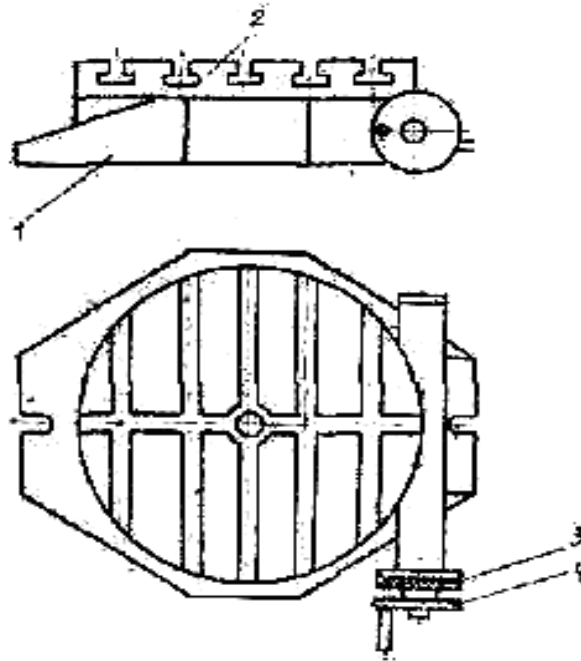


Рисунок 6.26 – Поворотный стол

На корпусе 1 установлен с вертикальной осью вращения стол 2, на внешней плоской поверхности которого имеются Т-образные пазы. Часть стола 2, входящая в корпус 1, несет на себе червячное зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с червячным валом, несущим лимб 3 и приводной маховичок 4. Вращение червячного вала за маховичок 4 приводит во вращение стол 2. Величина поворота отмечается и определяется по лимбу 3. Другие поворотные столы такого типа отличаются видом привода, формой пазов стола, могут быть снабжены фиксаторами и т. п. Принцип рабочей функции сохраняется таким же.

6.2.5 Конструирование кондукторов

Приспособления кондукторы в подавляющем большинстве своем не образуют статической системы ни со столом, ни со шпинделем станка. Они представляют самостоятельную систему двух приспособлений. Одно из них — приспособление настольного типа, обеспечивающее установку в нем заготовки, другое — приспособление для фиксации положения и направления перемещения (подачи) режущего инструмента. Последнее выполняется в форме плиты или корпуса, в которых имеются цилиндрические сквозные отверстия, служащие направляющими для режущего инструмента. Их часто называют кондукторными плитами (корпусами). Соединение двух этих приспособлений в одну статическую систему и представляет собой кондуктор.

Образуется система приспособление – заготовка – кондуктор (ПЗК).

Приспособления кондукторы применяются при выполнении операций сверления, зенкерования, развертывания, растачивания, то есть для обработки внутренних цилиндрических поверхностей на универсальных станках сверлильной группы. Их функциональная задача та же, что и других приспособлений: обеспечение точности размерной связи обрабатываемых поверхностей между собой и с поверхностями – базами заготовки. Поэтому относительное расположение каждой части в статической системе кондуктора выполняется так, что геометрические оси направляющих элементов кондукторной плиты (корпуса) совпадают с геометрическими осями обрабатываемых поверхностей установленной в приспособлении заготовки.

6.2.6 Координатная схема кондуктора

Координатная схема кондуктора включает в свою структуру кондукторный агрегат, который содержит столько направляющих отверстий, сколько поверхностей заготовки подлежат обработке в кондукторе. Приспособление кондуктор содержит два комплекта вспомогательных баз. Один комплект служит для установки заготовки, другой – для фиксации положения и направления режущего инструмента. Кондуктор представляет собой по координатной схеме систему приспособление – инструмент – деталь (ПИД), не имеющую самого инструмента, а определяющую его рабочее направление.

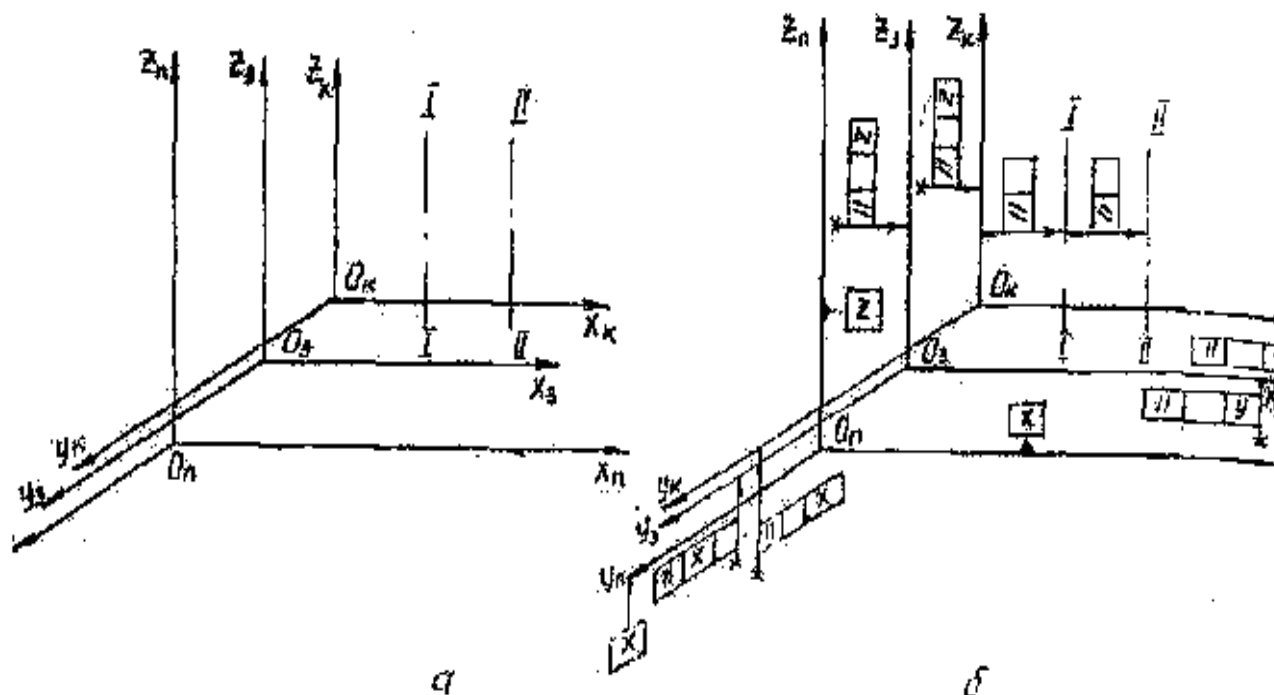


Рисунок 6.27 – Координатная (а) и функциональная (б) схемы кондуктора

На рисунке 6.27 *а* показана координатная схема кондуктора, выполненного на базе настольного приспособления для обработки двух параллельных отверстий в заготовке.

Схема включает три координатные системы: приспособления (П), заготовки (З), кондукторного агрегата (К). Соответственно им приписаны индексы: п – приспособления, з – заготовка, к – кондукторный агрегат. Координатная система кондукторного агрегата содержит две оси I–I и II–II. Каждая из них является осью одного и другого направляющих отверстий.

6.2.7 Разработка функциональной и принципиальной схем

Функциональная схема кондуктора – статическая. В отличие от схем приспособлений настольного типа она имеет дополнительную размерную связь, определяющую положение кондукторного агрегата (корпуса, плиты или плит), с координатной системой настольного приспособления. Эта размерная связь строится сообразно расположению обрабатываемых поверхностей относительно баз заготовки.

На рисунке 6.27 *б* приводится функциональная схема, кондуктора для наиболее простого случая, когда координатная система, кондукторного агрегата имеет расположение своих геометрических осей, параллельное соответствующим осям I настольного приспособления.

В функциональной схеме проставляется размерная связь расположения элементов будущей конструкции кондуктора, с указанием допустимых отклонений ее размеров. Она выполняется в абстрактной форме. Подробно и полно разработанная функциональная схема служит заданием на разработку принципиальной схемы.

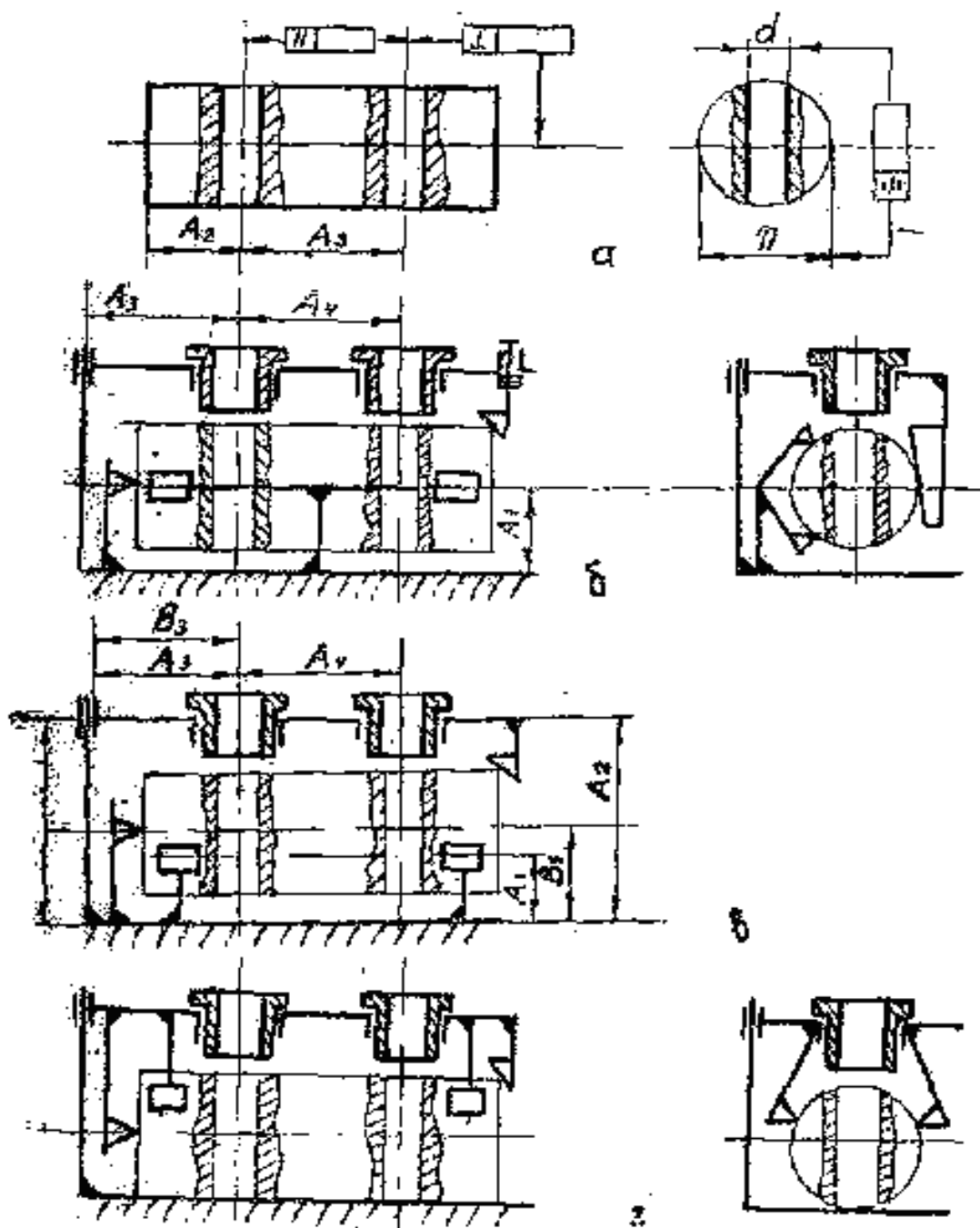
Принципиальная схема представляет собой условное графическое изображение скомпонованных базирующих, прижимных и направляющих элементов, связанных корпусом.

Вычерчивание следует производить в нескольких возможных рациональных вариантах сочетания структурных элементов. Это позволит выявить число стыков, а значит, и число носителей первичных отклонений размерной связи.

На принципиальную схему следует нанести цепь размеров, через которую образуется замыкающая размерная связь основных баз приспособления с вспомогательными, а также вспомогательных баз приспособления с вспомогательными базами направляющих элементов кондукторного агрегата.

На рисунке 6.28 показаны три варианта принципиальных схем установки в кондукторе валика, в котором надо обработать два параллельных отверстия. Эскиз валика с исполняемыми размерами изображен на рисунок 6.28,*а*.

Каждая из схем рисунок 6.28 обеспечивает выполнение размерной связи обработанной в кондукторе заготовки. Вопрос только в том, какая из схем обладает наибольшей точностью?



a – операционный эскиз; *б, в, г* – варианты принципиальных схем

Рисунок 6.28 – Принципиальные схемы установки заготовки в кондукторе

Обеспечение точности обработанной заготовки является функциональной задачей кондуктора. Считается лучшей схема, в которой замыкающая (прямая) размерная связь вспомогательных баз приспособления имеет наименьшее отклонение от вспомогательных баз направляющих элементов.

По принципиальной схеме нельзя определить величину отклонения. Но поскольку она складывается из первичных отклонений звеньев размерной цепи, то чем меньше звеньев, тем меньше отклонение замыкающего звена, и наоборот.

Применительно к статической системе кондуктора ошибка координаты выхода $\Delta\varphi$ (или отклонение замыкающего звена размерной цепи) в общем виде определится так:

$$\Delta\varphi = \sum \left(\frac{\partial \varphi}{\partial q} \right) \Delta q_i ,$$

(6.2)

где $\frac{\partial \varphi}{\partial q}$ – передаточное отношение влияния первичной ошибки звена на обобщенную;

Δq_i – первичные ошибки (отклонения) звеньев-элементов.

Применительно к приспособлениям как статической системе элементов деталей рекомендуется зависимость (6.3).

$$\Delta\varphi = \Delta q \sqrt{n} , \quad (6.3)$$

где n – число элементов-деталей, составляющих цепь между вспомогательными базами приспособления и направляющего элемента.

Полагая отклонения звеньев величинами одного порядка, легко с достаточной степенью приближения оценить каждый из приведенных вариантов принципиальных схем, рисунок 6.28.

Вариант «б» не удовлетворяет требованию обеспечения точности по отклонению симметричности расположения осей отверстий, так как в направлении измеряемой величины положение плоскости симметрии обрабатываемых отверстий будет изменяться, как при установке в призме.

Он отклоняется от 0 до $\varepsilon = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \pm 1 \right)$, т.е. от 0 до 1.2 δ .

Вариант «в» прямую размерную связь вспомогательных баз приспособления и направляющего элемента реализует через структурные элементы, отклонение которых составляет многозвенную размерную цепь - от призмы через корпус и кондукторную плиту к направляющей втулке кондукторного агрегата.

Цепь в нашем случае включает четыре звена. Подставив это значение n в формулу (6.3), имеем

$$\Delta\varphi = \Delta q \sqrt{4} = 2 \Delta q .$$

Вариант «г». Размерная связь вспомогательных баз кондуктора включает одно звено. Значит,

$$\Delta q = \Delta q \sqrt{1} = 1$$

Анализ вариантов принципиальных схем искомого кондуктора показывает, что вариант «г» лучше других по точности, то есть лучше по выполнению функциональной задачи кондуктора. Схема «г» принимается как рабочая.

6.2.8 Разработка кинематической схемы

Кинематическая схема представляет собой условное графическое изображение кинематической связи элементов кондуктора. Функциональной задачей является:

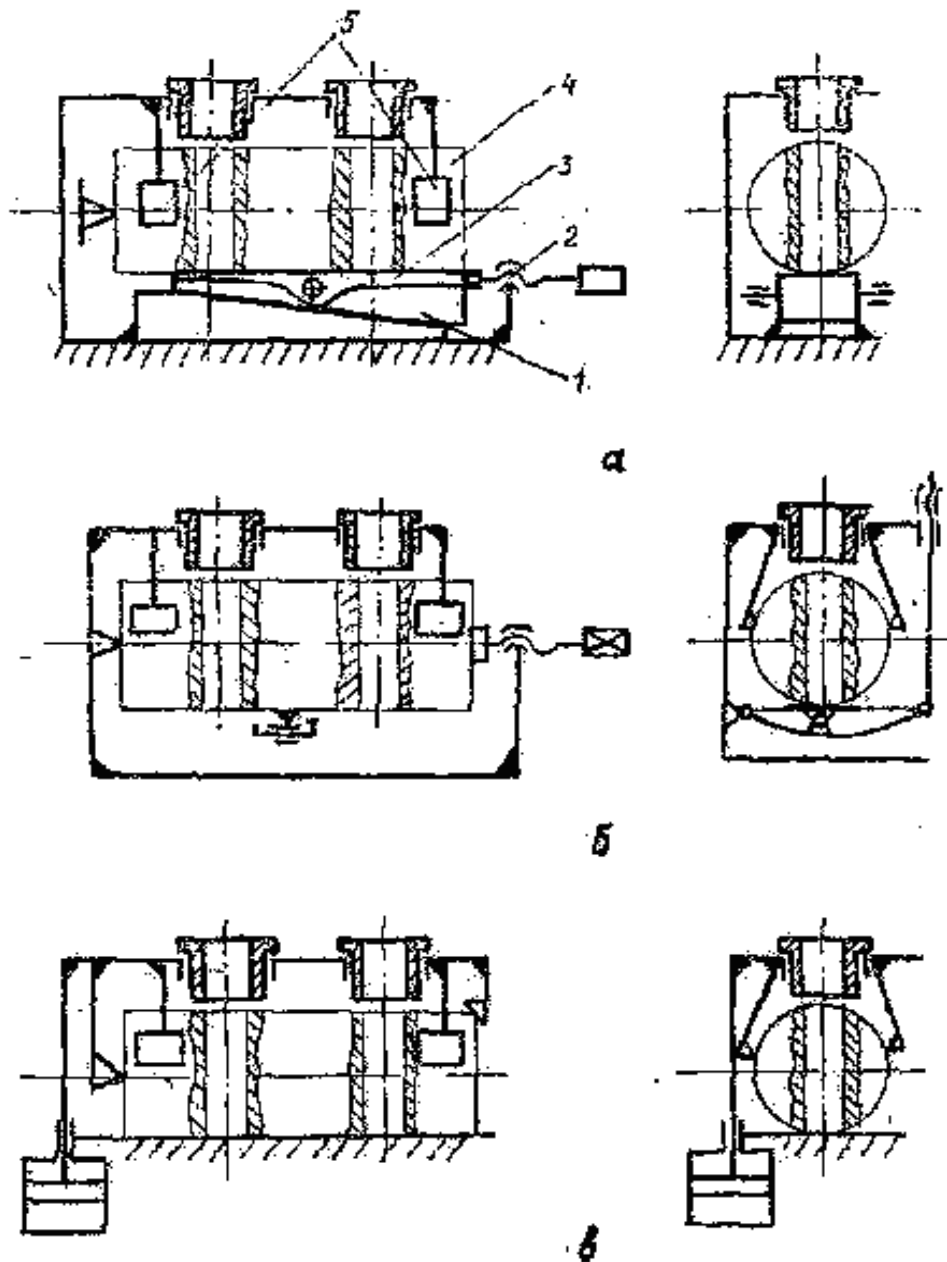
- сохранение точности установки при закреплении в кондукторе;
- обеспечение непрерывности контакта основных баз заготовки с вспомогательными приспособления;
- жесткость системы приспособление—заготовка при действии на нее обрабатывающего инструмента;
- минимальное время закрепления и раскрепления заготовки.

На рисунке 6.29 показаны два варианта исполнения кинематических схем кондуктора по принципиальной схеме рисунок 6.29 г.

На рисунке 6.29 а изображен клиновый механизм зажима, получающий перемещение через винтовую пару 2 от ручного привода. Клин 1 имеет шарнирно закрепленную пластину 3. Это обеспечивает непрерывность контакта наружной цилиндрической поверхности заготовки 4 с призмой 5 — вспомогательной базой приспособления. А до опорной базы приспособления заготовка досылается винтом.

На схеме рисунок 6.29 б изображен один из способов закрепления, при котором закрепление осуществляется винтовой парой через откидной шарнирный рычаг, несущий прижимную шарнирную пятю. Принцип закрепления реализован в кондукторе (рисунок 6.31), только для другой заготовки.

Сопоставляя варианты по признаку непрерывности контакта, баз, можно сказать, что вариант «а» – лучше; по жесткости системы ПЗ он также лучше. А вот по затратам времени на закрепление и раскрепление оба варианта плохи. Для устранения этого недостатка, при сохранении других положительных качеств, лучше использовать скальчатый кондуктор, на подвижной плите которого закрепляется призма. Этот вариант реализует схему рисунок 6.28 г.



a – с клиновым зажимом; *б* – с рычажным; *в* – со скальчатым

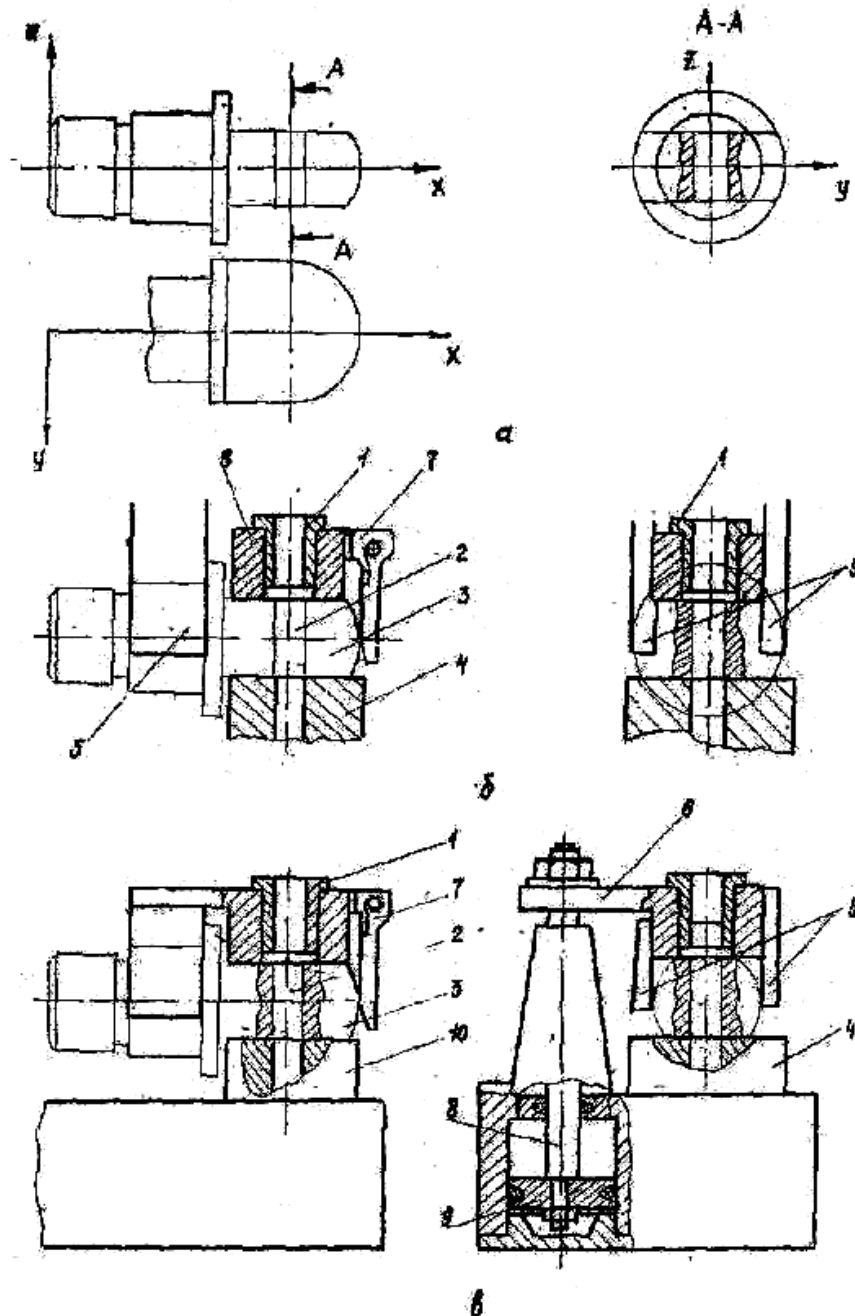
Рисунок 6.29 – Кинематические схемы кондуктора

6.2.9 Разработка чертежа общего вида

На рисунке 6.30 показана разработка чертежа общего вида кондуктора для операции 4 «сверлить отверстие» детали.

Разработку начинают с вычерчивания координатной системы заготовки в трех проекциях, расположенных одна от другой на расстоянии, достаточном для размещения проекций чертежа кондуктора. Заготовки вычерчиваются в тонких или штрихпунктирных линиях и считаются прозрачными. Сказанное иллюстрирует рисунок 6.30 *a*.

Заготовка базируется: в системе координат еще не разработанного приспособления. По функциональной схеме (рисунок 6.27 б) вычерчивается установочные конструктивные элементы, несущие вспомогательные базы приспособления и кондукторного агрегата, с размерной привязкой элементов к геометрическим осям координатной системы заготовки к основным базам.



a – проекции заготовки; *б* – установочные элементы; *в* - общий вид

Рисунок 6.30– Последовательность выполнения общего вида кондуктора

На рисунке 6.30 б вычерчены установочные элементы. Направляющие (кондукторные) втулки 1 расположены соосно обрабатываемым отверстиям 2 заготовки 3, нижние торцы находятся от поверхности на расстоянии, минимально необходимом для прохода ломаной стружки при сверлении или

зенкерования отверстий в заготовке.

Форма и размер втулок 1 выбираем по ГОСТ 18429-73 – ГОСТ 18431-73.

Установочные элементы, определяющие положение в приспособлении заготовки, вычерчиваются каждый в контакте с основными явными базами заготовки.

Для обеспечения неразрывности контакта основных баз заготовки 3 с вспомогательными приспособления вычерчиваются прижимные элементы: прижим заготовки 3 к установочной базе выполняется перемещением элемента 6, несущего кондукторную втулку в направлении элемента 4, а прижим заготовки к опорной базе элемента 5 обеспечивает подпружиненный рычаг 7.

Остальные этапы проектирования приспособления были рассмотрены ранее.

Вычерчивается корпус (корпус, плита) кондукторный агрегат, связывающий в жесткую систему направляющие втулки, а также стык корпуса приспособления. Стык чаще выполняется плоским, а положение кондукторного агрегата в приспособлении фиксируется установочными штифтами. Плоскость стыка, принадлежащая приспособлению, является дополнительной вспомогательной базой, а плоскость стыка с приспособлением кондукторного агрегата является его основной базой.

Форма и размеры конструктивных элементов выбираются из стандартов. Установочные и направляющие кондукторные агрегаты, разработанные для данной заготовки, используются в качестве сменных наладок стандартного базового приспособления.

На рисунке 6.30в показан следующий этап выполнения чертежа общего вида кондуктора. Вычерчивается конструктивный элемент, который связывает установочные 5, 6, направляющий 1 и досылающий 7 элементы в единую систему. В качестве такого элемента использовано базовое устройство скальчатого кондуктора с пневмоприводом, рисунок 6.30 в.

Заготовка 3, в которой надо обработать отверстие 2, устанавливается на опорный элемент 4 до касания направляющего и упорного элемента 5. Включается пневмоцилиндр с подачей воздуха в верхнюю полость. Поршень 9, двигаясь вниз, посредством штока 8 движет плиту 6 и смонтированные на ней элементы 1, 5 и 7 в направлении прижимного элемента 4, закрепленного на корпусе 10. При этом направляющие элементы 5 ориентируют заготовку 3, а досылающий подпружиненный элемент 7 опирает ее торцом венца на торец элементов 5. В конце хода плита 6 прижимает заготовку 3 к опорному элементу 4 и закрепляет заготовку. Система «заготовка – кондуктор» готова для выполнения технологической операции.

На разработанном чертеже общего вида кондуктора должна быть проставлена размерная связь исполнительных поверхностей, то есть поверхностей, обеспечивающих выполнение кондуктором функции служебного назначения. Это размеры, связывающие основные базы приспособления с его вспомогательными, а вспомогательные приспособления с

вспомогательными базами направляющих элементов (втулок). Допустимые отклонения этих размеров характеризуют точность кондуктора.

6.2.10 Базовые конструкции кондукторов

Базовым структурным элементом любого кондуктора является приспособление настольного или нашпindelного типа. Кондуктор образуется путем добавления к нему кондукторного агрегата (чаще в виде кондукторной плиты).

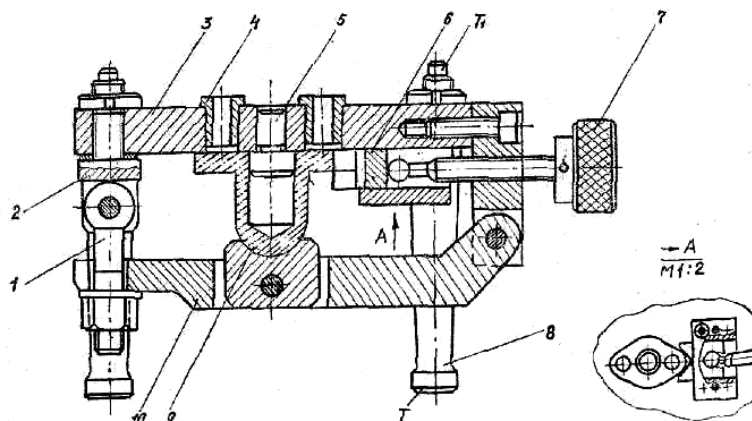


Рисунок 6.31 – Кондуктор с открытым корпусом

На рисунке 6.31 показана конструкция кондуктора, состоящая из кондукторной плиты 3, в направляющих отверстиях которой установлены кондукторные втулки 4 и базирующий элемент 5. В отверстиях, расположенных по краям плиты 3, закреплены опорные ножки 8. Обрабатываемая заготовка 9 базируется на штыре 5 и досылается до плоской поверхности плиты 3. Прижимной элемент выполнен в форме передвижного прижима 10, шарнирно связанного с корпусом 3 и прижимаемого гайкой 1 шарнирно установленного в ушках кронштейна 2 болта 1. Положение заготовки 9 фиксирует от поворота выдвигаемая призма 6, перемещаемая винтом 7. При выполнении операции кондуктор опирается на стол станка торцовыми поверхностями Т опорных ножек 8.

Другой базовой конструкцией является скальчатый кондуктор, с использованием деталей ГОСТ 16889-71 и изображенный на рисунке 6.30в.

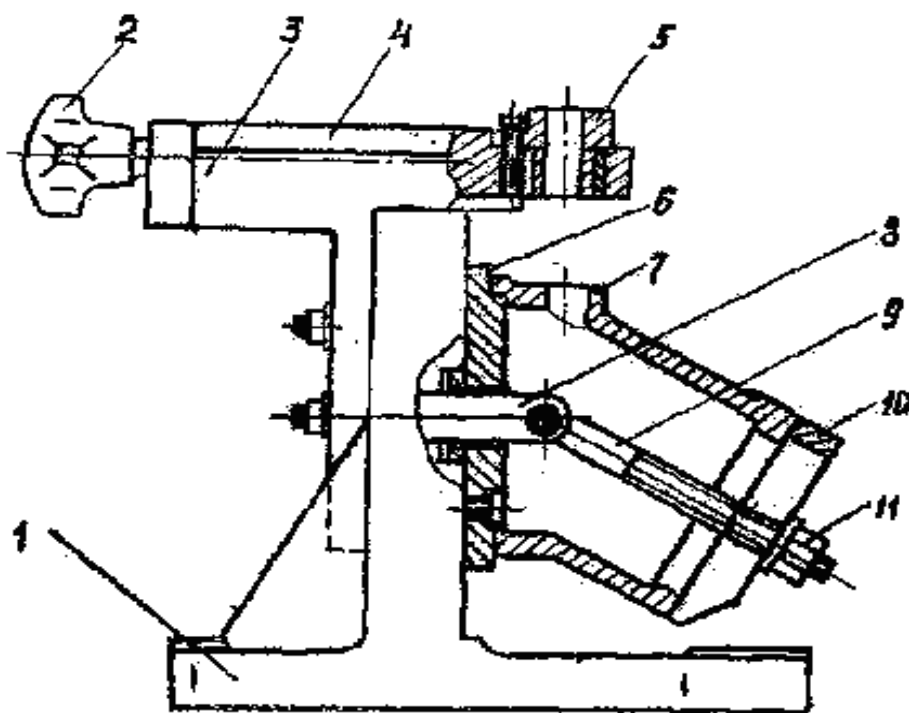


Рисунок 6.32 – Общий вид кондуктора

На рисунке 6.32 приведен пример кондуктора типа «стойка». Его основанием служит стойка 1, несущая базирующий элемент 6, на котором устанавливается обрабатываемая заготовка 7. Прижимной элемент выполнен в виде винта 9, шарнирно связанного с кронштейном 8. Между внешним торцом заготовки 7 и гайкой 11, навинчиваемой на винт 9 для закрепления заготовки 7, располагается закладная шайба 10. Кондукторный агрегат закреплен на стойке 1 и выполнен в виде кронштейна 3, в направляющих которого расположен ползун 4, перемещаемый при регулировании винтом с маховичком 2, и несущий кондукторную втулку 5.

На рисунке 6.33 изображен кондуктор, обеспечивающий высокую точность параллельности обрабатываемых отверстий. Он состоит из корпуса 18, несущего опорные устройства 14 и 9. Опорное устройство 14 включает в себя основание, на цилиндрической поверхности которого установлен полуцилиндр 15. В основании опорного устройства 9 на сферической поверхности установлена полусфера 10.

На корпусе 18 закреплена кондукторная плита 1, в которой установлены направляющие втулки 3 и 6, а также прижимные устройства 2 и 7. Прижимное устройство 2 включает основание, в котором на сферической поверхности установлена полусфера 4. Прижимное устройство 7 включает в себя основание, в котором на сферической поверхности установлена полусфера 5. В корпусе 18 закреплена неподвижная призма 17 и подвижная 12, перемещаемая винтом 8. Ось вращения полуцилиндра 15 I–I расположена

перпендикулярно плоскости, проходящей через геометрические оси II-II направляющей втулки 3 и III-III направляющей втулки 6. Обрабатываемая деталь опирается на полуцилиндр 15 и полусферу 10.

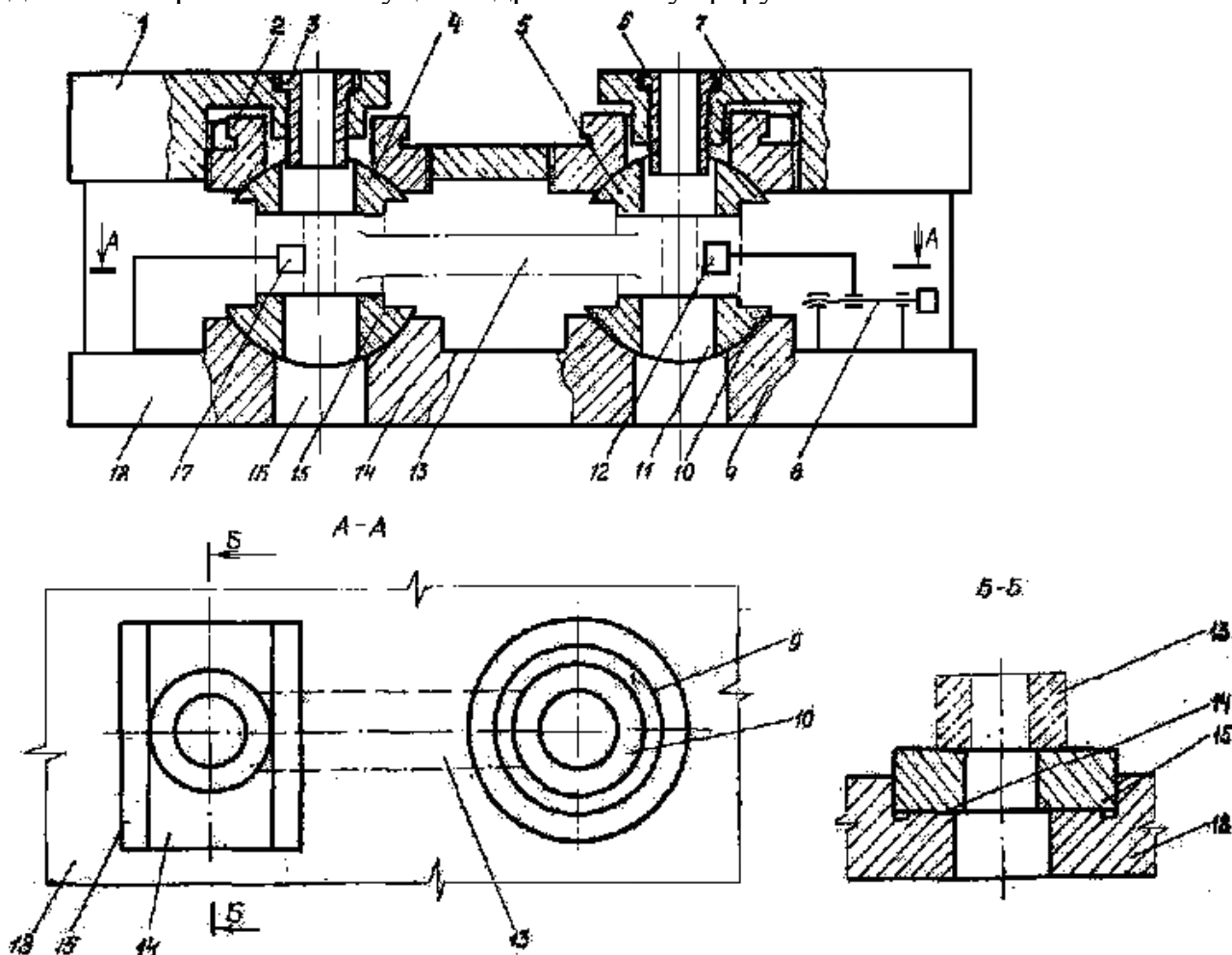


Рисунок 6.33 – Кондуктор с самоустанавливающимися элементами

Кондуктор работает следующим образом. Обрабатываемая деталь 13 устанавливается на полуцилиндр 15, другим на полусферу 10. Вращением винта 8 подвижная призма 12 подводится к детали 13, перемещение прижимных устройств 2 и 7 в направлении опор 14 и 9 деталь 13 закрепляется, самоустанавливается на полуцилиндре 15 и полусфере 10, а сверху – полусферах 4 и 5. В процессе закрепления детали 13, полуцилиндр 15 и полусфера 10 поворачиваются по расположению установочных баз и детали 13, а полусферы 4 и 5 в процессе зажима самоориентируются по расположению зажимных поверхностей детали. После обработки отверстий 11 и 16 прижимные устройства 2 и 7 отводятся в начальное (нерабочее), положение, деталь 13 освобождается. Так как при закреплении деформация детали отсутствует, достигается высокая точность параллельности отверстий 16 и 11 детали 13.

7 Приспособления, расширяющие технологические возможности (ПРВ)

К расширяющим технологические возможности приспособлениям относятся такие, которые позволяют выполнить технологические операции на станках, не предназначенных для их выполнения:

- одновременное сверление нескольких отверстий на одношпиндельном сверлильном станке;

- нарезание на этом же станке резьбы в глухих отверстиях;

- фрезерование пазов или лысок на цилиндрической поверхности или ее торце с разным шагом по фазе вращения;

- обработка отверстий, расположенных под разными углами в пространстве, на одношпиндельном сверлильном или расточном станке вместо агрегатного и другие им подобные.

Для такого типа приспособлений обеспечение нужных (заданных) технологических возможностей наряду с обеспечением точности является функциональной задачей конструирования.

Структура этой группы приспособлений более сложная: т.к. включает дополнительный агрегат или агрегаты, обеспечивающие функцию расширения технологических возможностей. Связь этих агрегатов с агрегатами, обеспечивающими, установку заготовки, режущая статическая, чаще кинематическая. Система приобретает статическую связь сверх ее структурных элементов только в позиции обработки одной из поверхностей. Работа таких приспособлений чаще предусматривает позиционирование, то есть переход приспособления из одной позиции в другую при выполнении одной операции.

Приспособления, расширяющие технологические возможности, конструируются для установки инструмента, заготовок или изделий. Общая методика их конструирования остается такой же, что и рассмотренная ранее.

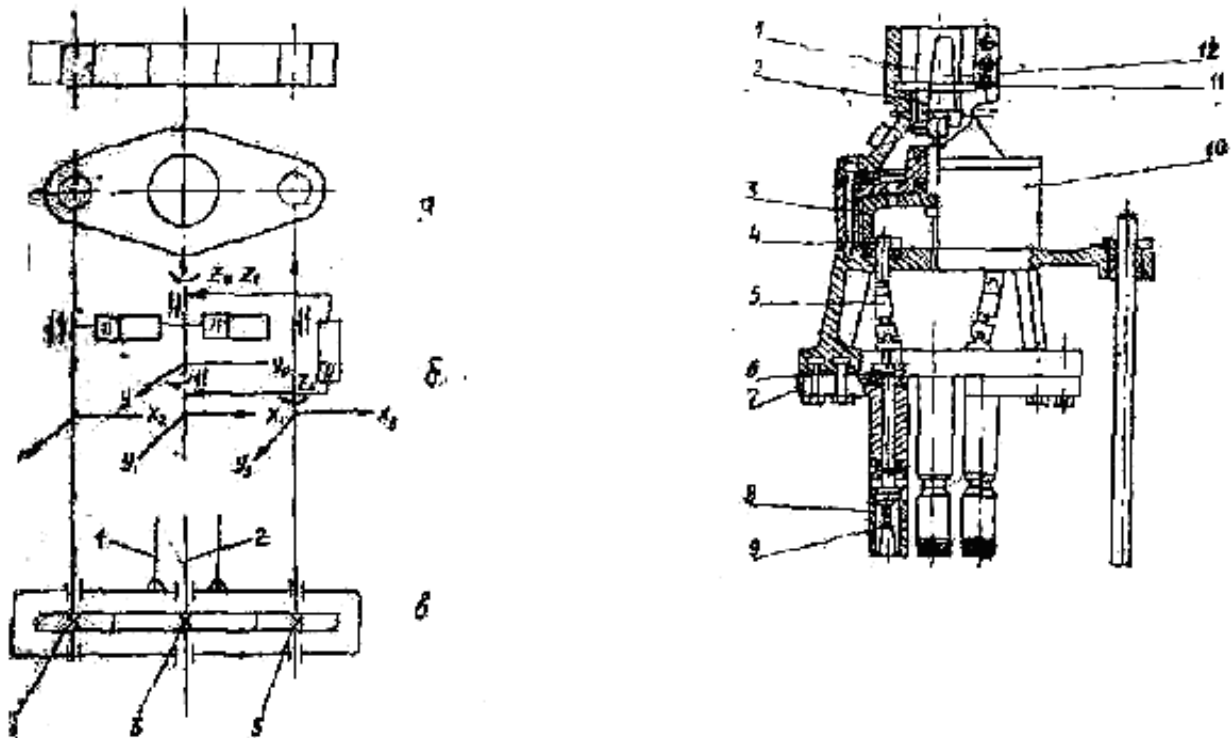
Своеобразие составляет лишь разработка координатной, функциональной, принципиальной и кинематической схем, которая включает разработку структуры и связи элементов дополнительного агрегата или агрегатов, обеспечивающих расширение технологических возможностей, определение места в структуре всего устройства и связи с другими агрегатами. Последовательная разработка схем производится в каждом конкретном случае согласно требованиям выполнения устройством рабочей функции.

7.1 Конструирование нашпиндельных приспособлений ПРВШ

Основы общей методики конструирования приспособлений сохраняются рассмотрим конструирование устройств этой группы на отдельных примерах (1 – устройство для установки инструмента, 2 – для заготовки).

1 Конструирование приспособления к одношпиндельному сверлильному

станку для одновременного сверления нескольких отверстий во фланце, показанном на рисунке 7.1 *а*.



а – операционный эскиз; *б* – функциональная схема;
в – кинематическая схема; *г* – чертеж общего вида

Рисунок 7.1 – Общий вида многошпindelной сверлильной головки

На рисунке 7.1*б* приведены координатная и функциональная схемы (совмещенные). Сообразно, координатной схеме установки показано расположение инструментов (связи) и их перемещения, необходимые для выполнения искомым устройством рабочей функции. Согласно схеме, каждый инструмент располагается в соответствии с координатной сеткой обрабатываемых отверстий вертикально с возможностью вращения вокруг своей оси и перемещения вверх–вниз, вдоль нее.

На рисунке 7.1*в* изображены в совмещенном виде принципиальная и кинематическая системы конструируемого устройства, показана статическая и кинематическая связи элементов.

Корпус 1 статически связан с гильзой (пинолью) шпинделя. В корпусе размещены ведущее 2 и ведомые 3, 4, 5 звенья. Ведущее звено связано (соединено) со шпинделем, ведомые несут закрепленные на них инструменты.

Разработка чертежа общего вида здесь не приводится: он выполняется, как и для приспособлений предыдущих случаев.

При групповой технологии и в серийном производстве целесообразнее иметь многошпindelную головку с регулированием величины радиуса и угловых координат сетки, расположения ведомых (рабочих) шпинделей

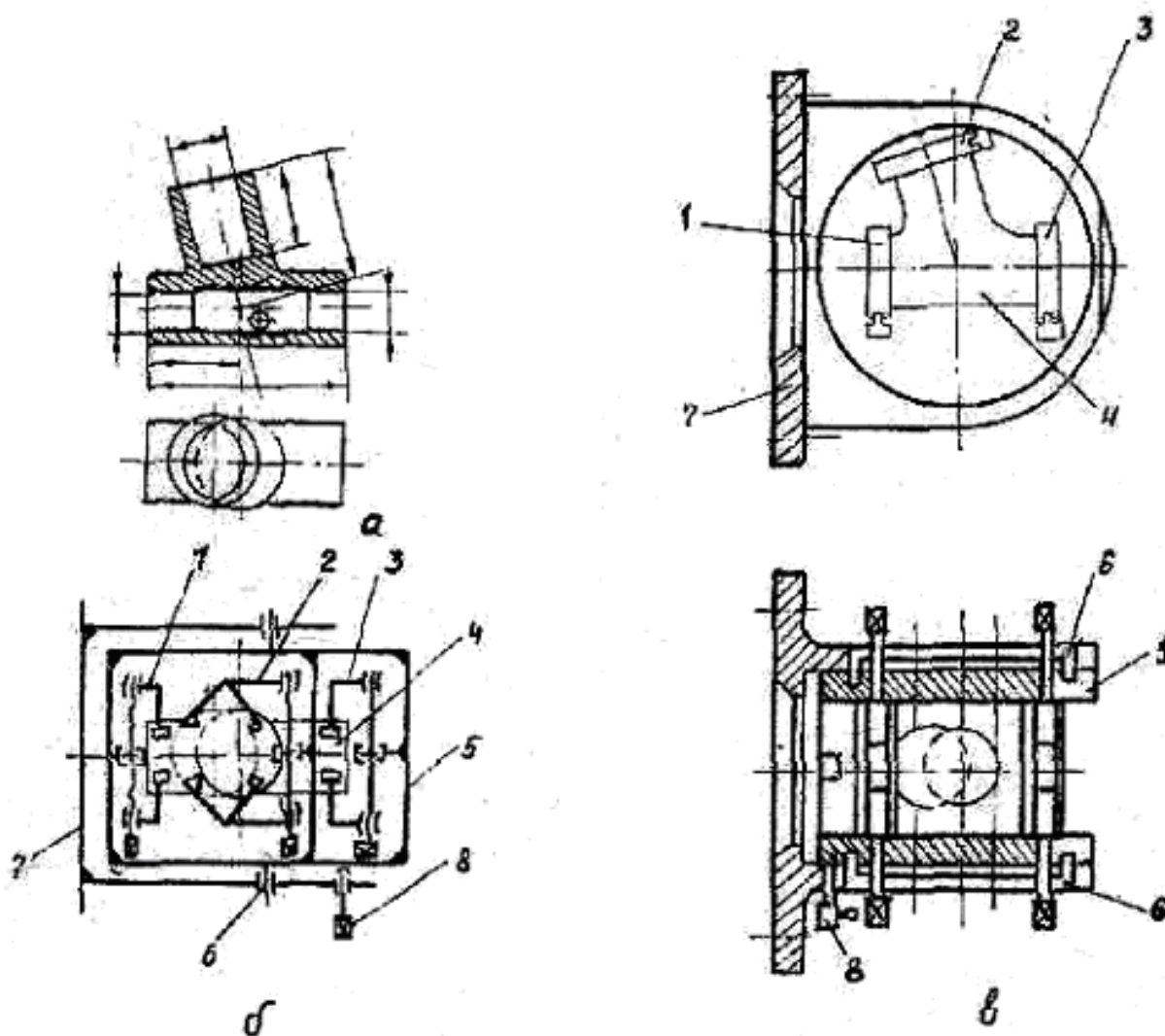
головки. Схема такой головки показана на рисунке 7.1г.

Корпус 1 устанавливается на гильзе 11 сверлильного станка и закрепляется болтами 2. Ведущее зубчатое колесо 3 посредством конуса – переходника 10 соединено со шпинделем 12 станка, а с другой стороны находится в постоянном зацеплении с зубчатыми колесами 4, посаженными на валы выходящие вниз концы которых неподвижно соединены с верхним концом шарнирно-телескопического устройства 5; другие их концы связаны с рабочими шпинделями 8, несущими переходные державки 9. Рабочие шпиндели 8 установлены в кронштейнах 7, закрепленных на корпусе 1 болтами 6. Головки болтов 6 размещены в Т-образных пазах корпуса 1, а кронштейн 7 снабжен пазами. Освободив болты 6, можно перемещать кронштейн относительно корпуса и тем устанавливать шпиндели 8 в нужное положение друг относительно друга.

2 *Конструкция приспособление к токарному станку для обработки тройника, операционный эскиз которого изображен на рисунке 7.2 а.*

Особенностью конструкции обрабатываемой детали является то, что размерная связь обрабатываемых поверхностей задана от скрытой базы — точки О. Размерные линии расположены в одной плоскости его симметрии (плоскости проекции основного вида).

На рисунке 7.2б приводится принципиальная схема приспособления. Приспособление имеет возможность позиционирования установленной по скрытой базе - точке заготовки в положение, когда соответствующая геометрическая ось патрубка тройника занимает положение, соосное оси вращения приспособления, установленного на шпинделе станка. Такое исполнение функции требует вращения подвижной части приспособления, в которой устанавливается деталь, вокруг оси перпендикулярной плоскости расположения осей патрубков и проходящей через скрытую базу – точку О с последующей фиксацией в положении, когда ось патрубка совпадает с осью вращения всего приспособления. Этим требованиям отвечает принципиальная схема, изображенная на рисунке 7.2 б.



a – операционный эскиз; *б* – принципиальная схема; *в* – общий вид
 Рисунок 7.2 – Конструкция трехпозиционного поворотного патрона

По схеме, приспособление включает три самоцентрирующих призматических зажима *1, 2, 3*, закрепляющих заготовку «тройник» *4* по трем скрытым базам – точкам, лежащим на соответствующих геометрических осях патрубков тройника. Каждый из зажимов *1, 2, 3* закреплен на корпусе *5* в положении, когда точки – базы самоцентрирующих зажимов лежат в плоскости симметрии корпуса *5*, снабженной цапфами *6*, ось которых проходит через точку - базу тройника перпендикулярно плоскости его симметрии.

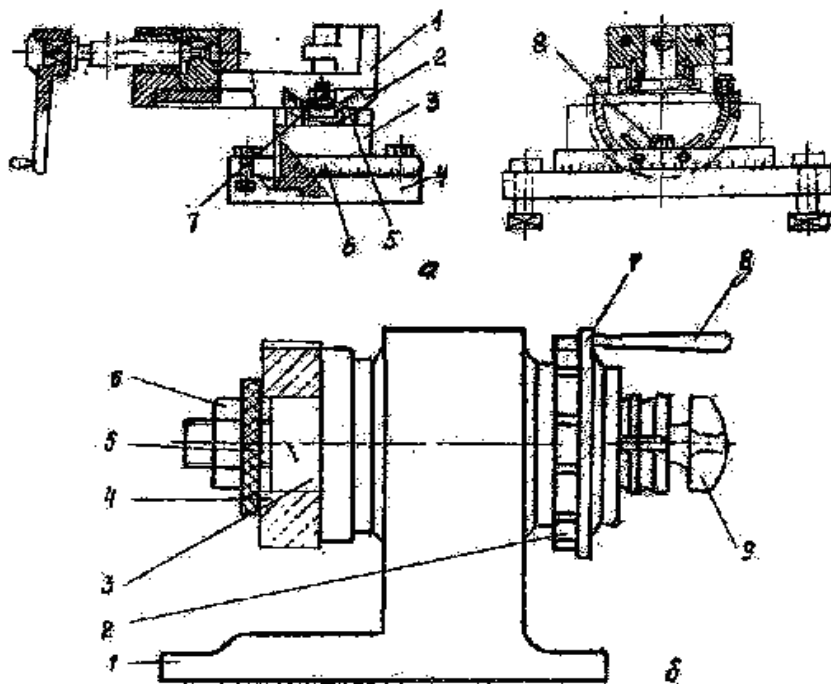
Цапфы *6* располагаются в отверстиях корпуса *7*, при этом геометрическая ось вращения корпуса *7* проходит через скрытую базу – точку *О* и лежит в плоскости симметрии корпуса *5*. При позиционировании корпус *5* поворачивается на цапфах *6* в положение, при котором последовательно ось каждого из тройников *4* совпадает с осью вращения корпуса *7* и фиксируется в таком положении фиксатором *8*.

Реализация принципиальной схемы (рисунок 7.2б) показана упрощенно на рисунке 7.2в. Приспособление состоит из корпуса 7, боковых отверстиях которого с помощью цапф 6 установлен поворотный корпус 5, на нем самоцентрирующие призматические зажимные элементы 1, 2, 3, в которых устанавливается заготовка - тройник 4. В корпусе 7 смонтирован фиксатор 8, входящий в гнезда поворотного корпуса 5. На это устройство выдано авторское свидетельство (АС 895594 кл. 1 В 23 В13 31/34).

7.2 Конструирование настольных приспособлений ПРВ

Приспособления этой группы включают в свою структуру базовые устройства и дополнительные агрегаты, с помощью которых выполняется позиционирование

На рисунке 7.3а показано приспособление тисочного типа позволяющее менять позицию установленной заготовки путем поворота тисков вокруг координатных осей на некоторые углы по градуированным лимбам.



а – поворотные тиски; б – делительная стойка

Рисунок. 7.3 – Приспособления, расширяющие технологические возможности

Тиски 1 типа изображены на рисунке 7.3а, корпус в нижней части имеет полуцилиндрическую форму 2, сопрягаемую с ответной поверхностью стойки 3. Стойка 3 установлена на вертикальной оси (на рисунке не показана) и опирается на площадку плиты – основание 4. Полуцилиндр 2 тисков 1 имеет лимб 5, по которому отмечается угол поворота тисков вокруг горизонтальной

оси. В установленном положении поворота тиски закрепляются винтом 7. Поворот стойки 3 вокруг геометрической оси отмечается по лимбу 6 и закрепляется в установленном положении винтами 8. Обрабатываемая деталь, таким образом, может быть установлена под различными углами в пределах $\pm 45^\circ$.

На рисунке 7.3б показано делительное приспособление, позволяющее обрабатывать пазы с заданным шагом (перемещением) на периферии заготовки. Оно имеет корпус 1 с закрепленным на нем делительным диском 2, а в горизонтальном отверстии смонтирован шпиндель, несущий оправку 3, на которой устанавливается заготовка 4, закрепляемая через закладную шайбу 5 гайкой 6. На другом конце шпинделя закреплен диск 7, несущий защелку 8, входящую в пазы делительного диска 2. В таком положении шпиндель закрепляется винтом 9.

7.3 Конструирование кондукторов ПРВ

Кондукторы этого типа называют кантующимися. Их конструктивное отличие от обычных состоит в том, что они, имея один комплект вспомогательных баз для установки заготовки, содержат столько основных баз, сколько отверстий обрабатывается в заготовке. Вспомогательные базы служат опорой для позиционирования в положение, когда геометрическая ось обрабатываемого отверстия занимает вертикальное положение.

Приведем наиболее характерные конструкции кондукторов ПРВ.

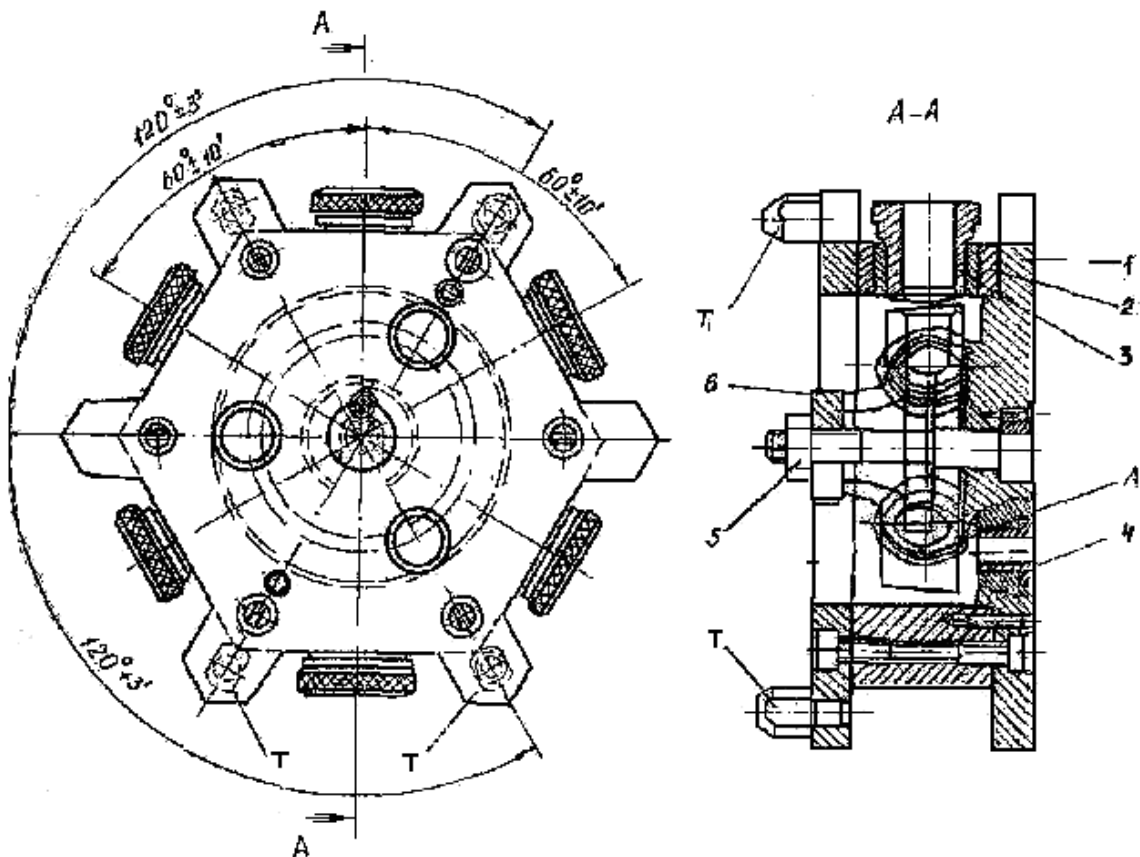


Рисунок 7.4 – Кантующийся перекидной кондуктор

На рисунке 7.4 показан кантующийся (перекидной) кондуктор ящичного типа. В корпусе 1 на боковых гранях запрессованы втулки 2, в которых установлены сменные втулки 3 для обработки радиальных отверстий. В торцевой грани запрессованы втулки 4 для обработки аксиальных отверстий в заготовке. При обработке радиальных отверстий кондуктор опирается поверхностями T на стол станка, а при обработке аксиальных (совпадающих с осью вращения) – ножками T_1 . Заготовка устанавливается поверхностью A и закрепляется гайкой 5 через быстросъемную шайбу 6.

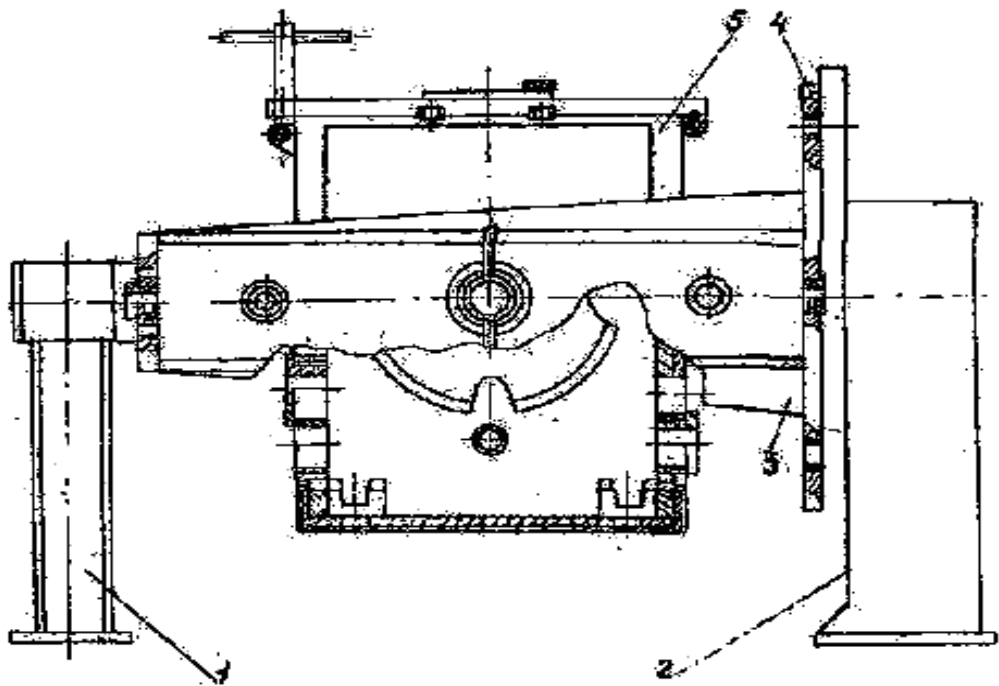


Рисунок 7.5 – Стоечный кантующийся кондуктор

На рисунке 7.5 изображена схема двухопорного поворотного кондуктора. Кантование системы приспособление – заготовка («ПЗ») в нем обеспечивается поворотом системы «ПЗ» вокруг взаимно перпендикулярных осей с последующей фиксацией поворотных частей в нужном положении позиционирования. Этот кондуктор состоит из двух опор – стоек 1 и 2, на которые опирается цапфами корпус 3 с делительным диском 4. В корпусе 3 установлена с возможностью поворота люлька 5. Ось ее вращения перпендикулярна оси вращения корпуса 3. Люлька 5 также имеет делительный диск с гнездами фиксации и может фиксироваться в нужном положении кантования. В люльке 5 устанавливается заготовка, как в обычном базовом кондукторе. Поворот на нужные углы корпуса 3 и люльки 4, с фиксацией их в этом положении, позволяет обрабатывать (сверлить, зенкеровать и т.п.) отверстия с любой стороны кондуктора – люльки 5.

На рисунке 7.6 приводится принципиальная схема кантующегося кондуктора, работающего по принципу полярной системы координат. В нем

одна точка основной установочной базы кондуктора сохраняется постоянной для любого его положения при позиционировании. На рисунке представлен один из вариантов его исполнения.

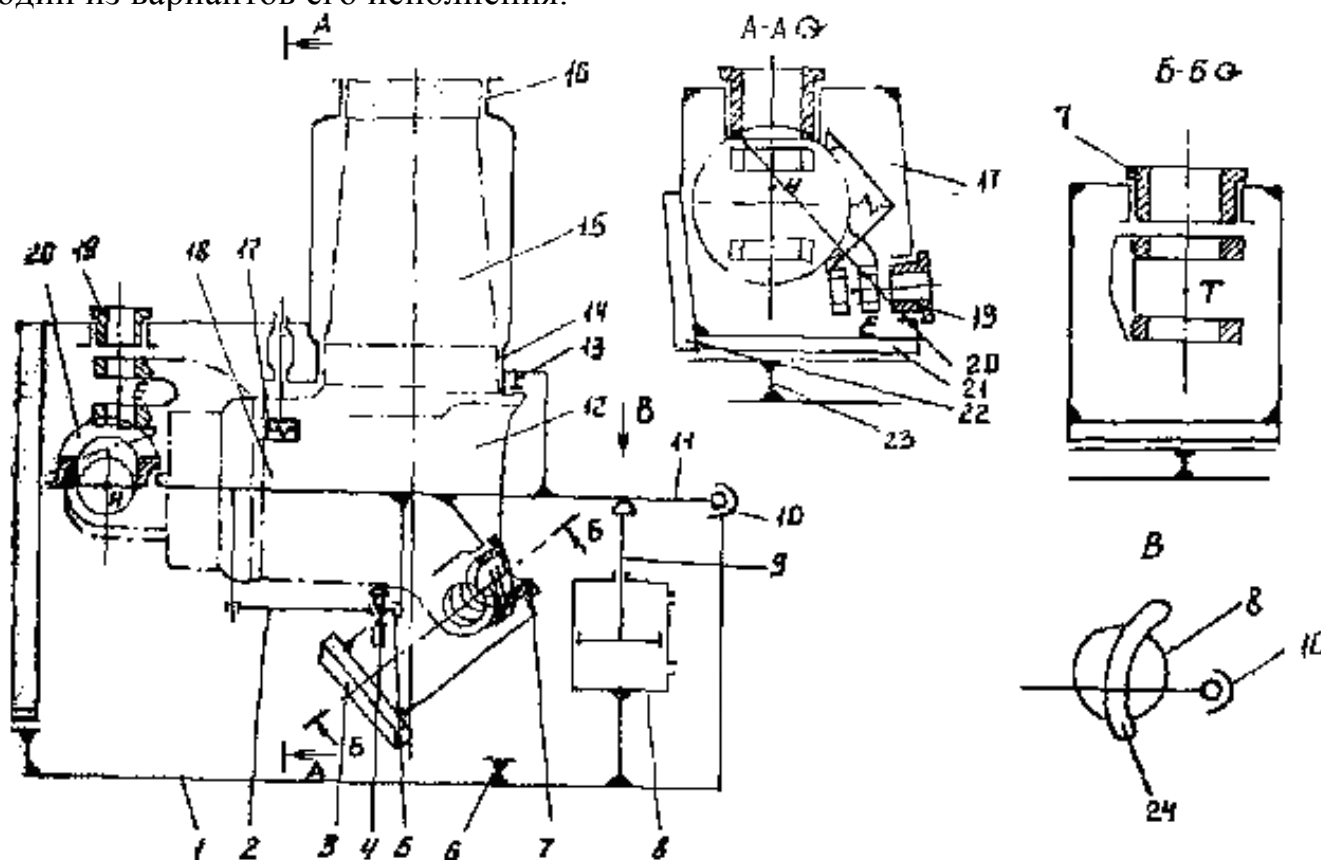


Рисунок 7.6 – Кантующийся кондуктор с постоянной точкой опоры

Кантование обеспечивается тем, что корпус приспособления установлен на шаровой опоре с возможностью поворота вокруг своей оси.

Фиксированное положение приспособления при позиционировании достигается контактом баз корпуса кондуктора с выступами специальной подставки. Поворотная часть кондуктора прикреплена к неподвижной плите 1 с помощью шарнира 10 и штанги 11. Кондуктор включает базовые втулки 16, 14, опорный элемент 13. В корпусе кондуктора установлены подвижная призма 17 и кондукторные втулки 19, 20, 7. Кондуктор имеет плоские опорные поверхности 22, 21, 3, откидную защелку 2, входящую в паз вилки 5. Через резьбовое отверстие защелки 2 проходит зажимной винт 4 со сферической пятой. Плита 1 имеет плоские выступы 23, 6 для опоры на них кондуктора: поверхностями 22 и 21 – на выступ 23, поверхностью 3 – на выступ 6.

С плитой 1 жестко связан корпус силового цилиндра 8, вертикальный шток 9 которого снабжен дуговой пятой 24, взаимодействующей со штангой 11.

Кондуктор работает следующим образом. Обрабатываемая заготовка 12 детали устанавливается цилиндрическими поверхностями хвостовой части 15 в базовые втулки 16 и 14 и досылается до контакта с опорой 13, а патрубковой частью 18 до контакта с призмой 17. Закрепление заготовки 12 производится поворотом защелки 2 до вхождения в паз вилки 5 и завинчиванием винта 4. В результате заготовка 12 установлена в кондукторе. Включается силовой цилиндр 8 на выдвижение штока 9 вверх. Шток 9 дуговой пятой толкает штангу 11, и система кондуктор – штанга поворачивается вокруг шарнира 10, кондуктор поднимается вверх. В таком положении кондуктор поворачивается вокруг геометрической оси штанги 11 до положения, когда одна из установочных поверхностей, например 22, занимает приблизительно горизонтальное положение. Затем силовой цилиндр 8 включает на перемещение штока 9 вниз. Под действием консольной массы корпуса кондуктор поворачивается вокруг шарового шарнира 10, опускается вниз и опирается опорной поверхностью 22 на выступ 23.

В результате кондуктор занимает положение, при котором геометрическая ось втулки 19 находится вертикально. Эта позиция соответствует обработке отверстия с геометрической осью, проходящей через точку *E* заготовки 12. Для, установки системы кондуктор – заготовка в другую позицию, например, при обработке очередной поверхности с геометрической осью, проходящей через точку *T*, все приемы повторяются. Включается силовой цилиндр 8 на выдвижение штока 9, который дуговой пятой поворачивает штангу с кондуктором вокруг шарового шарнира 10, перемещая ее вверх, корпус поворачивается вокруг геометрической оси штанги 11 в положение, когда опорная поверхность 3 занимает приближенное горизонтальное положение. Силовой цилиндр включает на опускание штока 9, и кондуктор опирается опорной поверхностью 3 на выступ 6 плиты 1.

Все приемы, связанные с позиционированием кондуктора, повторяются для установки под обработку очередной поверхности, например, геометрическая ось которой проходит через точку *H*.

8 Конструирование приспособлений из стандартных элементов

При конструировании приспособления из стандартных элементов структура приспособлений komponуется из стандартных конструктивных элементов, которые могут быть любого порядка сложности вплоть до агрегатов, а то и приспособления в целом. Вся работа конструктора сводится к определению (выбору) стандартного приспособления для выполнения данной операции.

Процесс такого конструирования включает те же этапы и выполняется в той же последовательности, что и рассмотренные ранее. Конструктор берет вид, форму и размер каждого вычерчиваемого элемента из стандартов и норма-

лей определяет место очередного элемента в чертеже общего вида. В справочной литературе и производстве множество вариантов таких конструкций с разнообразием их функциональных назначений и типоразмеров для выполнения различных деталиеопераций.

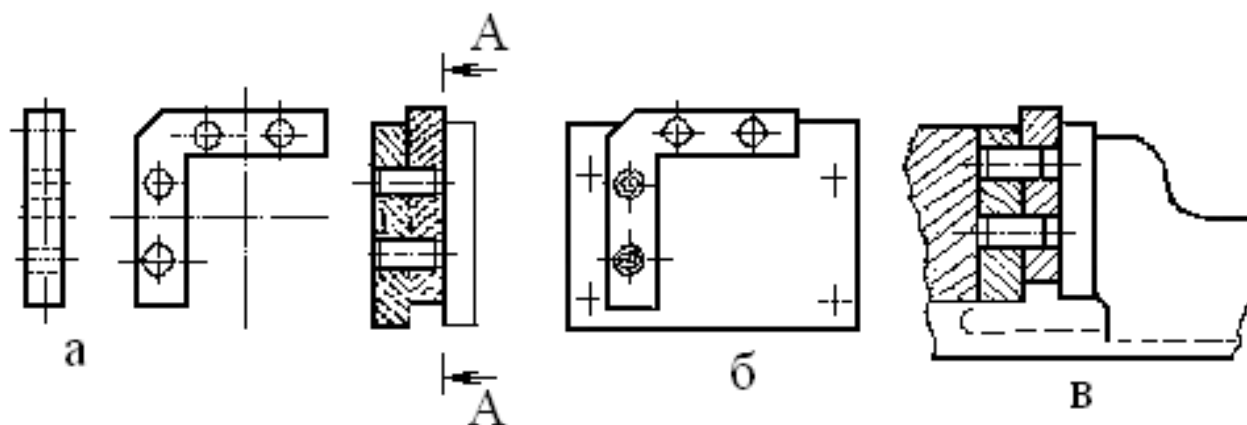
Такое конструирование выполняется на этапе разработки чертежа общего вида (сборочного) приспособления. Все предшествующие этапы, включая разработку принципиальной и кинематической схем, должны быть выполнены. Рабочая документация на приспособление включает чертеж общего вида с техническим требованием к нему и спецификация стандартных деталей.

Если используются стандартные узлы или целые агрегаты, то спецификация составляется на детали, их связующие.

При наличии стандартных принципиальных и кинематических схем задача конструирования еще более упрощается.

Из-за большого разнообразия конфигураций заготовок и, особенно, их баз полное стандартное конструирование применяется редко. Чаще выполняется конструирование, когда часть конструктивных элементов имеет нестандартную форму. Это относится к установочным элементам, взаимодействующим с базами заготовки. При графическом конструировании такие элементы разрабатываются вновь, как оригинальные. Остальная часть конструкции универсальное базовое (стандартизированное) или специальное базовое приспособление. Вновь разрабатываемые конструктивные элементы приспособления называются специальными наладками (СН) к базовому приспособлению, а приспособления, содержащие СН, наладочными: универсально-наладочными (УНП), когда в качестве базового используется универсальное приспособление, и специально-наладочными (СНП), когда базовым является специальное.

Одно базовое приспособление может быть использовано с 10-20 разными наладками. Процесс конструирования заключается в разработке установочного элемента (наладки). Результат конструирования наладки приведен на рисунке 8.1.



а – эскиз заготовки; б – наладка; в – привязка к базовому агрегату

Рисунок 8.1- Конструирование наладок к базовым приспособлениям

При конструировании вычерчивается координатная и функциональная схемы с изображением в трех проекциях обрабатываемой заготовки. Затем, по базам заготовки, вычерчиваются конструктивные элементы, необходимые для установки заготовки в рабочем положении. Отрабатывается форма основной базы наладки и вспомогательной базы приспособления, рисунок 8.1б. На этом разработка чертежа общего вида наладки заканчивается и определяется место СН в базовом приспособлении (рисунок 8.1в).

8.1 Использование информационно-поисковой системы (ИПС)

Чтобы конструкторам крупных предприятий не разрабатывать одни и те же или очень близкие приспособления и их элементы, применяют информационно-поисковую систему (ИПС). Основные функции ИПС заключаются в накоплении и хранении информации, в обновлении и наполнении массивов информации, в поиске необходимых сведений и выдаче информации.

Применение ИПС позволяет: ускорить процесс и улучшить качество проектирования; получить готовый вариант решения, ранее применявшийся; иметь готовое решение, применимое с небольшой доработкой; выбрать лучшее из имеющихся в массиве решение; сократить цикл подготовки производства; повысить уровень стандартизации; повысить уровень механизации инженерного труда и его производительность.

При создании ИПС предусматривается определить и закодировать основные конструктивные и технологические признаки деталей, оснастки, оборудования, дать чертеж, эскиз или схему. Основные положения создания различных вариантов ИПС приводятся в руководящих документах (РД)[11].

Методика конструирования приспособлений состоит из этапов:

Первый этап. Определение задания конструктору.

Второй этап. Поиск аналоговых разработок по коду детали или типовой операции подбирают ранее выполненные разработки.

ИПС может выдать ответы:

- полное соответствие;
- неполное соответствие (похожие решения);
- частичное решение;
- отсутствует.

Третий этап. Определение возможности использования ранее спроектированной оснастки. Если есть полное соответствие (ответ 1), то конструктор заносит в техдокументацию соответствующие шифры. На этом конструирование заканчивается.

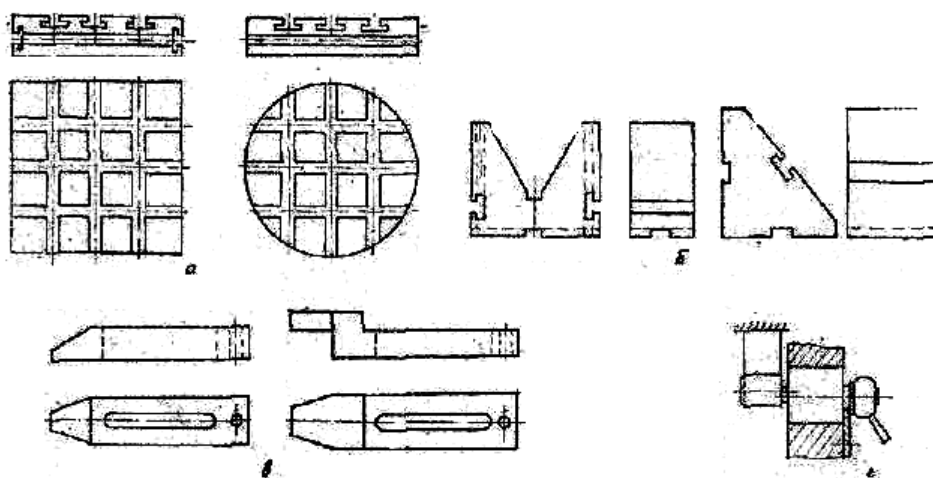
Четвертый этап. Определение возможности частичного применения информации о ранее спроектированной оснастке (ответ 3, 4). Проводится доработка конструкции и возможно, разработка новой документации.

Пятый этап. При полной невозможности использования известных вариантов(4) проводят проектирование новой оснастки. При этом выполняется весь комплекс работ по всем этапам проектирования специального приспособления.

8.2 Техоснастка (приспособления) многократного использования

В серийном производстве общее время использования приспособления в течение года относительно мало. Поэтому оснащение каждой операции отдельным приспособлением неоправданно увеличивало бы номенклатуру приспособлений, обременяло бы производство экономически и непомерно увеличивало бы сроки его подготовки. Целесообразнее иметь набор конструктивных элементов, из которых собирается приспособление на время выполнения какой-либо операции. После этого приспособление разбирается, а детали и узлы возвращаются для повторного использования в других приспособлениях.

Конструктивные элементы в этом случае должны обладать универсальностью для возможности их использования в разных компоновках для разных по функциональному назначению приспособлений. Универсальность конструктивных элементов (любого порядка сложности) заключается в обеспечении возможности регулирования расположения присоединяемого элемента относительно основного при их компоновке в приспособлении и закрепления в таком положении. Для этой цели элементы снабжаются Т-образными пазами, прорезями и резьбовыми отверстиями.



а – базовые; *б* – корпусные; *в* – прижимные и крепежные; *г* – прижимы

Рисунок 8.2 – Набор стандартных (стандартизированных) элементов

Все конструктивные элементы набора в зависимости от выполняемой ими функции в приспособлении разделяются на группы.

Первая группа. Базовые (рисунок 8.2а) – элементы, которые служат базой (корпусом) для монтажа других элементов приспособления. Выполняются в виде квадратных, прямоугольных, круглых плит, планшайб, базовых угольников и т.д. Лицевая сторона снабжена пересекающимися или радиальными Т- и V-образными пазами, системой точных отверстий.

Вторая - корпусные и опорные (рисунок 8.2б) – это призмы, угольники, опоры, накладки и др. на них монтируются другие элементы. Они имеют элементы базирования и крепления такие же, как базовые элементы.

Третья - фиксирующие детали – пальцы, штыри, втулки, шпонки и др.

Четвертая - прижимные и крепежные (рисунок 8.2в) – прихваты, планки, болты, шпильки, шайбы и др.

Пятая группа - сборочные единицы (блоки) высокого порядка (рисунок 8.2г) – прихваты, поворотные и делительные устройства и др.

Набор конструктивных элементов универсально-сборных приспособлений (УСП) из 1,5–2,5 тыс. единиц позволяет собрать 300 – 400 приспособлений в год [1], а набор из 25–30 тыс. единиц – до 300 приспособлений одновременно.

Сборка нужного приспособления для выполнения каждой детали операции слесарем – сборщиком, конструирование с привлечением инженера – конструктора не требуется. Производится документирование приспособления (разрабатывается схема приспособления и спецификация, фотографирование), это упрощает работу т.к. часто приспособление собирается вновь.

Разновидностью УСП являются сборно-разборные приспособления (СРП). Установочные элементы в них по вспомогательным базам выполняются с припуском на обработку. Этот припуск удаляется после сборки для обеспечения более точной размерной связи вспомогательных баз собранного приспособления с его основными базами.

Массовое и крупносерийное производство в большинстве случаев оснащается специальными, предназначенными для выполнения одной детали операции. Каждая единица оборудования налаживается на выполнение одной детали операции и в результате представляет собой одну специальную технологическую систему.

В серийном и мелкосерийном производстве необходимо иметь приспособления для выполнения каждой детали операции. Но большая их номенклатура и относительно короткое время применения (неполная амортизация), делают использование специальных приспособлений технически и экономически неоправданным. Поэтому используют приспособления, переналадка которых на другую деталь операции осуществляется заменой наладок (сменных элементов рабочего органа). Эти приспособления называются универсально-

наладочными(УНП). Набор конструктивных элементов, для переналадки приспособления, называется специальной наладкой (СН).

9 Конструирование автоматизированных приспособлений

В операциях механической обработки и сборки вспомогательное время составляет до 40 %. Автоматизация выполнения технологических операций резко повышает производительность труда и уменьшает численность рабочих. Повышается эффективность производства не только по производительности, но и по использованию (отдаче) основных средств.

Автоматизированное приспособление выполняет более сложную функцию и имеет в своей структуре дополнительные агрегаты, обеспечивающие выполнение вспомогательных функций; блок блокировки и синхронизации рабочих перемещений с режущим инструментом и станком, с устройствами замены обработанной заготовки и удаления стружки из зоны обработки.

Перед конструированием автоматизированного приспособления выполняется анализ элементов технологической операции, выделяются отдельные переходы так, чтобы каждый переход соответствовал законченному элементу общего цикла действий, необходимых и достаточных для качественного выполнения операции.

Функциональные элементы действия общего цикла распределяются между приспособлением и станком, например:

Функции приспособления:

- 1) ориентация заготовок для захвата;
- 2) захват (или подхват) заготовки транспортным элементом;
- 3) доставка заготовки в зону обработки;
- 4) базирование и закрепление (установка) заготовки в зоне обработки;
- 5) освобождение заготовки от закрепления;
- 6) удаление заготовки из зоны закрепления;
- 7) отвод средства доставки заготовки;
- 8) очистка зоны обработки от кружки.

Функции станка:

- 1) подвод инструмента к зоне обработки (к заготовке) или заготовки к инструменту;
- 2) рабочая подача инструмента (или заготовки);
- 3) вывод инструмента (или заготовки) из рабочей зоны;
- 4) отвод инструмента в исходное положение;
- 5) пауза в связи со сменой заготовки.

Функциональные элементы, составляющие рабочий цикл операции, чередуются в строгой последовательности. Если обозначить символами П и С приспособление и станок, а индексами при них элементы действия цикла, то последовательность действий при выполнении операции можно условно записать

так:

$$P_1 P_2 P_3 P_4 C_1 C_2 C_3 C_4 P_5 P_6 P_7 P_8. \quad (9.1)$$

Автоматизация процесса выполнения технологической операции с помощью автоматизированных приспособлений требует сначала анализа циклограммы действий будущего (конструируемого) приспособления. Протяженность цикла операции должна быть минимальной. Это достигается совмещением отдельных элементов цикла станка и приспособления. Для упрощения и наглядности анализа строится циклограмма действий приспособления и станка (рисунок 9.1). Циклограмма операции служит заданием на разработку функциональной схемы искомой конструкции автоматизированного приспособления для выполнения технологической операции на данном станке.

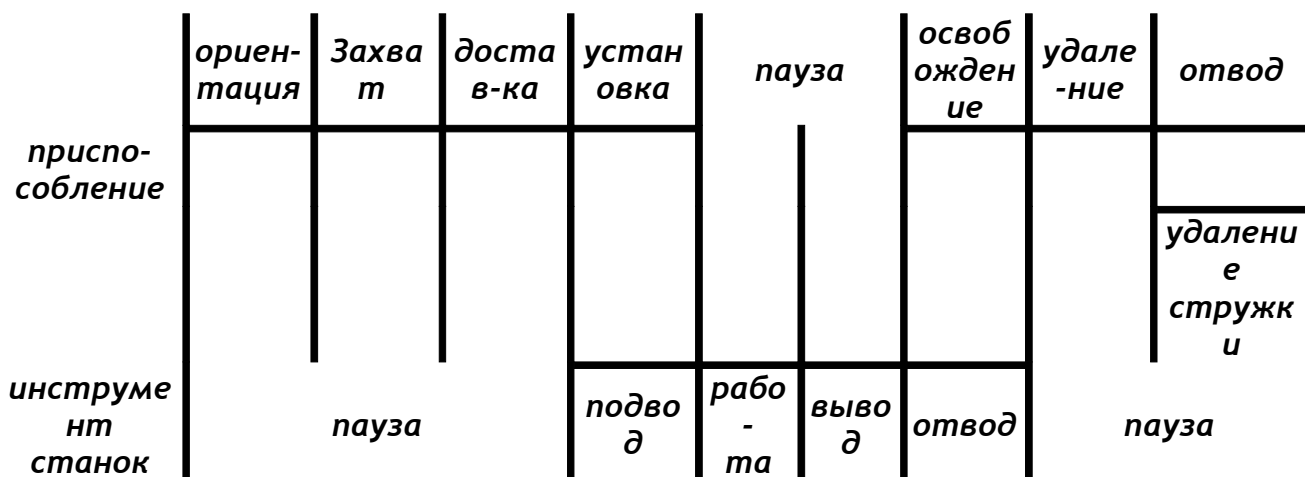


Рисунок 9.1- Циклограмма операции автоматизированной обработки

9.1 Разработка функциональной и принципиальной схем

Разработка функциональной схемы (с координатной и принципиальной схемами) ведется отдельно:

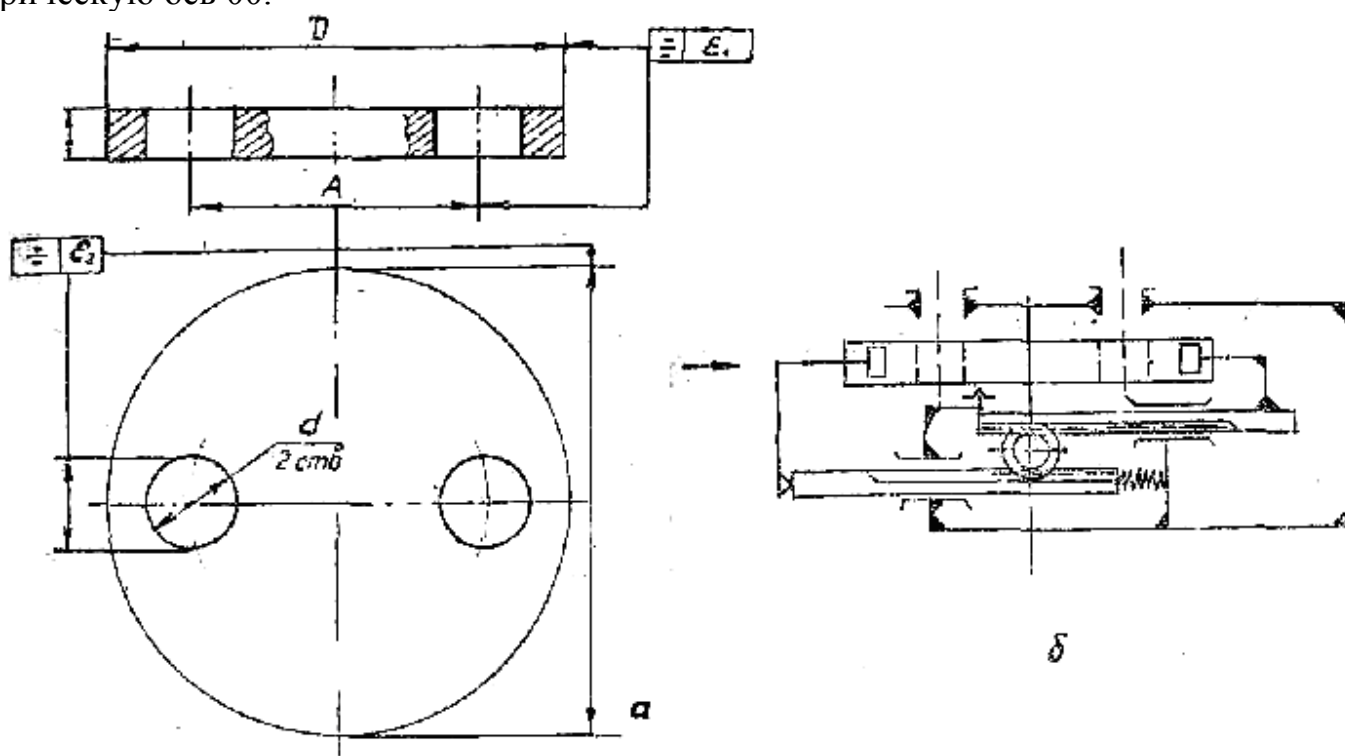
- 1) для зоны обработки,
- 2) для обрабатываемого инструмента,
- 3) для зоны захвата заготовки,
- 4) для удаления заготовки,
- 5) для средств синхронизации приспособления, станка и инструмента.

Рисунок 9.2 иллюстрирует логическую последовательность этапов разработки конструкции автоматизированного приспособления. Количество агрегатов и функциональное назначение соответствуют циклограмме, изображенной на рисунке 9.1.

На рисунке 9.2а показан операционный эскиз заготовки, которая обрабатывается на данной технологической операции на вертикально-сверлильном станке в автоматизированном приспособлении, конструкцию которого предстоит разработать.

На операционном эскизе показана размерная связь обрабатываемых

поверхностей (отверстий) с базами. В соответствии с заданием размерной связи выбраны технологические скрытые базы. Две точки, определяющие геометрическую ось 00 .



a – операционный эскиз заготовки; *б* – принципиальная схема

Рисунок 9.2 – Принципиальная схема автоматизированного приспособления

Установка цилиндрической поверхности по скрытой базе – геометрической оси реализуется в приспособлении тисочного типа (раздел 2) при установке заготовки в двух встречных центрирующих, сходящихся призмах. Это один из вариантов решения.

На рисунке 9.2*б* показана принципиальная схема рабочего органа зоны обработки приспособления. Рабочий орган настольного приспособления – представляет собой кондукторную плиту, находящуюся в статической связи с деталью. В принципе это автоматизированный базовый кондуктор.

Отличительной особенностью конструирования автоматизированных приспособлений является разработка соответствующих задач функционирования привода и дополнительных агрегатов, автоматизирующих работу приспособления.

Конструирование автоматизированного приспособления целесообразно начинать на основе рабочей зоны обычного приспособления, используемого как «ядро конструкции». С дополнительными перемещениями заготовки и режущего инструмента.

Процесс конструирования выполняется в обычном порядке, начиная с координатной схемы. К базовому приспособлению «пристраиваются» дополнительные агрегаты, выполняющие элементы действия, предусмотренные цик-

логграммой (рисунок 9.1) выполнения операции. Их вычерчивание производится в порядке расположения элементов циклограммы.

На рисунке 9.3 показана конструкция автоматизированного приспособления: сплошными линиями показано рабочее состояние, то есть состояние процесса обработки, а пунктирными – приспособление в исходном состоянии (рисунок 9.1). Последовательность конструирования рассмотрим на примере (рисунок 9.3) (сплошные линии).

Вычерчивается кондуктор с закрепленной (установленной) в нем заготовкой. Сначала вычерчивается заготовка, затем рабочий орган по принципу самоцентрирующих тисков с двумя встречными призмами 6 и 9, закрепленными на ползунах 5 и 10, каждый из которых связан с зубчатыми рейками 13 и 11, находящимися в постоянном зацеплении с установленным в корпусе 18 зубчатым колесом 14. Затем вычерчиваются соосно обрабатываемым отверстиям втулки 3 и 7 связывающая их кондукторная плита, неподвижно установленная на корпусе 18. Реализована принципиальная схема, изображенная на рисунке 9.2 б.

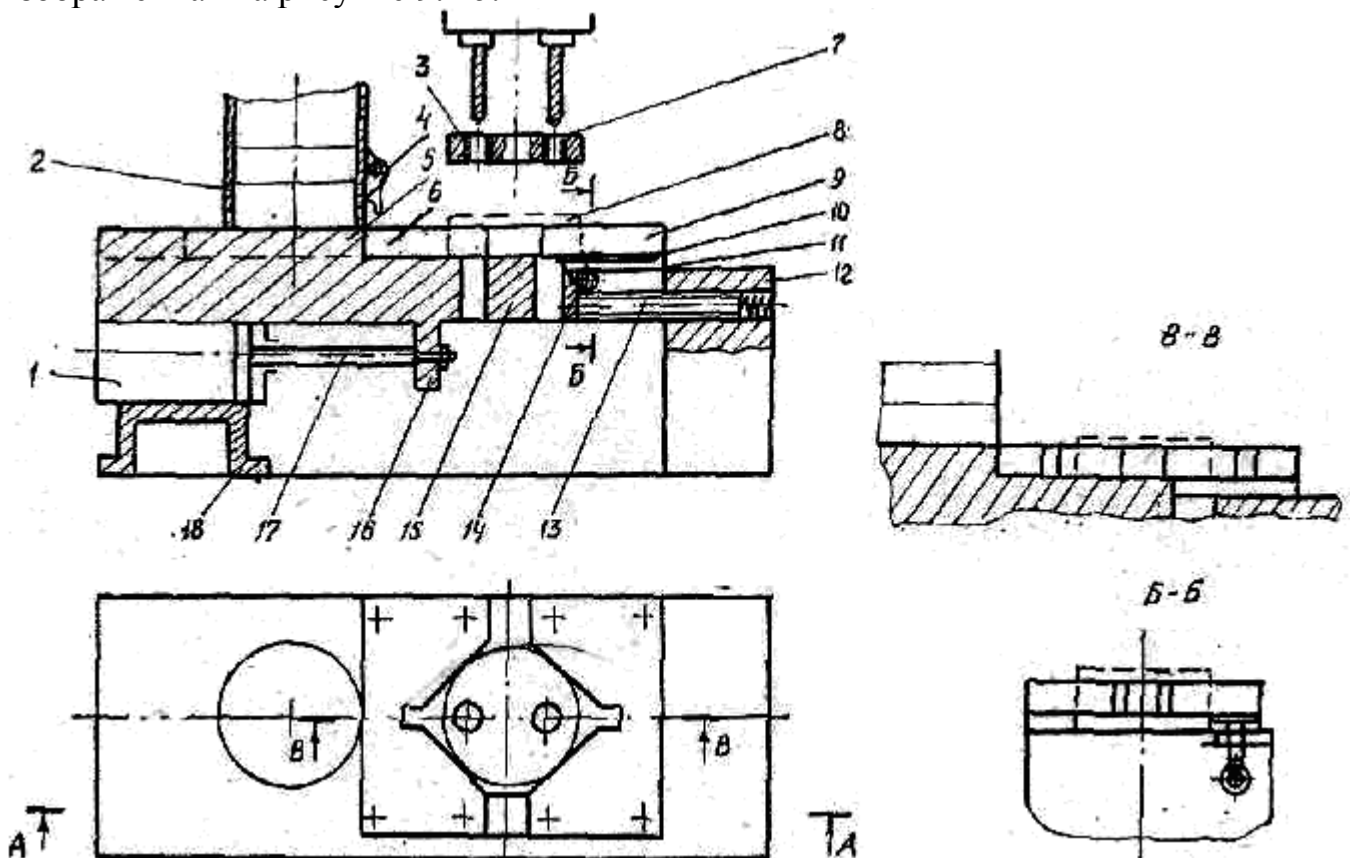


Рисунок 9.3 – Схема автоматизированного кондуктора

Затем соответственно циклограмме (рисунок 9.1) вычерчивается агрегат доставки (транспортировки) заготовки в рабочую зону из зоны загрузки. Он

изображается в конечном положении заготовки в рабочей зоне.

Функция транспортировки реализуется ползуном 5, имеющем сложную форму, в котором предусмотрена платформа 15, на которую опирается заготовка 8, а направляющая часть удлинена (влево по рисунку).

Перемещения в горизонтальном направлении осуществляет гидро- (пнеumo-)привод (цилиндр 1), смонтированный в корпусе 18, шток 17 которого соединен с кронштейном 16 ползуна 5.

Далее, соответственно циклограмме (рисунок 9.1) вычерчивается захват. Эта функция выполняется ползуном 5, когда он отведен в левое крайнее положение, изображенное на рисунке пунктирными линиями. Элемент ориентации выполнен в виде кассеты 2, установленной в приспособлении в положении, когда очередная заготовка опускается в гнездо захвата. Потом вычерчивается блок удаления (сброса) обработанной заготовки. Он выполнен в виде отсекателя (собачки) 4, закрепленной на кассете 2. Для удаления обработанной заготовки предусмотрен люк в корпусе 18.

Автоматизированное приспособление кондукторного типа, изображенное на рисунке 9.3, работает следующим образом. Когда ползун 5 находится в левом крайнем положении, нижняя заготовка опускается из кассеты 2 и опирается на платформу 15. Гидро- или пневмоцилиндр включается на рабочий ход, движет вправо ползун 5 с призмой 6 в направлении рабочей зоны, доставляет ее туда. В конце перемещения платформа 15 вступает в контакт с торцом рейки 13 и перемещает ее вправо. Ползун 10 с призмой 9 через зубчатое колесо 14 и рейку 10 перемещает влево. Происходит центрирование и схождение призм 6 и 9, устанавливающих заготовку 8 по двум скрытым базам – плоскостям симметрии, совмещенную с осью симметрии диска заготовки 8. При этом обеспечивается точность расположения (симметричное) по отклонениям ε_1 и ε_2 (рисунок 9.2а).

После обработки заготовки 1 в рабочей зоне шток силового цилиндра перемещается влево, заготовка раскрепляется и на платформе 15 увлекается также влево. При движении заготовка упирается в отсекатель 14, перемещение прекращается, а движущаяся платформа 15 уходит из-под нее, и заготовка попадает в люк корпуса 18.

9.2 Проектирование приспособлений для автоматических линий

Принято различать два вида приспособлений, применяемых на автоматических линиях: стационарные приспособления и приспособления – спутники [7]. Первые предназначены для установки на несущих их элементах металлорежущего станка и работают в общем цикле линии, как автоматизированное приспособление. Вторые служат для установки в них заготовки. При этом образуется жесткая система заготовка – приспособление, которая перемещается автоматически по станкам линии, то есть система ПЗ, действует на линии как заготовка в первом случае.

9.2.1 Конструирование стационарных приспособлений

Стационарное приспособление монтируют на отдельный агрегат автоматической линии. В нем устанавливают заготовку, обрабатывают, раскрепляют и передают на транспортирующее устройство, доставляющее заготовку на следующий агрегат. Приспособление очищается от стружки, принимает заготовку с предыдущего агрегата, и весь цикл повторяется вновь с очередной заготовкой.

Циклограмма выполнения технологической операции агрегатом автоматической линии полностью соответствует циклограмме выполнения операции станком с автоматизированным приспособлением (рисунок. 9.1).

Структура стационарного приспособления автоматической линии даже менее сложна, чем автоматического: ориентация, доставка, удаление, отвод в циклограмме выполняются агрегатами автоматической линии. Циклограмму стационарного приспособления для автоматической линии составляют действия, показанные на рисунке 9.4.



Рисунок 9.4 – Циклограмма приспособления автоматической линии

Соответственно циклограмме производится разработка конструкции стационарного приспособления, аналогично автоматизированному приспособлению, только с меньшей функцией.

Обработка заготовки на автоматической линии, оснащенной стационарными приспособлениями, производится, как правило, с установкой по одной базе (принцип постоянства баз) на всех операциях линии. Обработка чистых баз выполняется отдельно. Они имеют, чаще всего, форму плоскости с отверстиями – гнездами. Приспособления этого типа выполняют ту же функцию, что и обычные станочные. Требования к ним те же.

Функция выполняемой операции на автоматической линии распределяется между устройством доставки (отвода), приспособлением и станком.

Доставку (отвод) заготовки исполняет транспортное устройство

(чаще шаговый транспортер), установку заготовки – приспособление, рабочее действие – станок. Поэтому функция приспособления остается той же, что и в обычном приспособлении. Особенностью является лишь то, что заготовка поступает на позицию обработки в предварительно сориентированном положении, а рабочую (точную) ориентацию обеспечивает приспособление с последующим закреплением в рабочей позиции.

Проектирование стационарного приспособления начинают с вычерчивания заготовки в тонких или штрихпунктирных линиях в базированном положении и выполняют в последовательности и по общей методике проектирования станочных приспособлений.

На рисунке 9.5 показано приспособление для обработки корпусной детали схематично в двух проекциях.

Приспособление имеет опорную плиту 3, на которую опирается установочной базой заготовка 5. Через направляющие отверстия плиты 3 проходят выдвижные пальцы 4 с конусной частью вверху, входящие в базовые отверстия заготовки, которые выполняют роль направляющей и опорной базы.

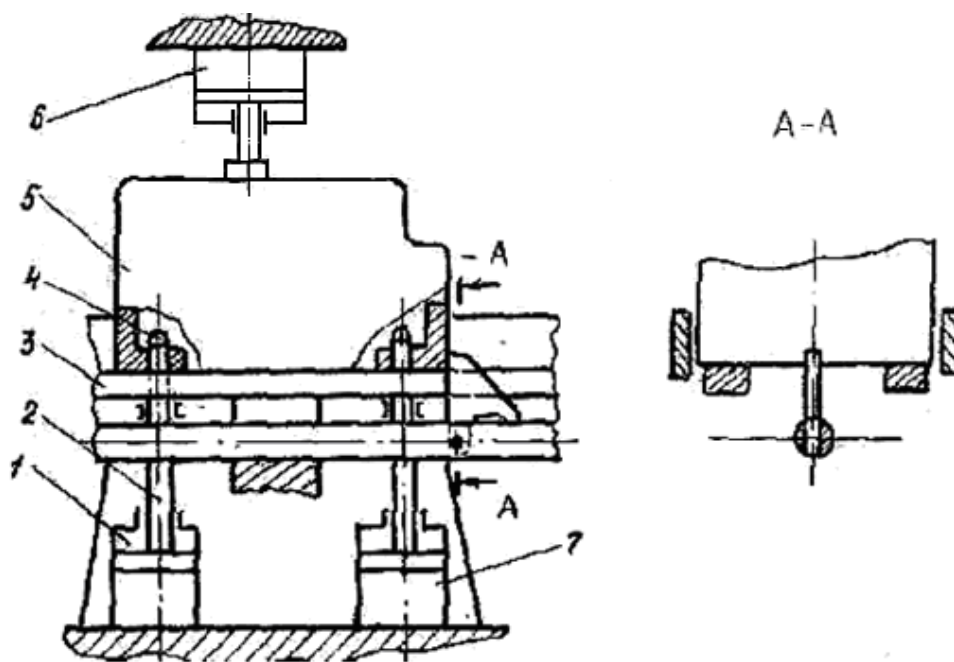


Рисунок 9.5 – Приспособление - спутник для автоматической линии

Доставленная в зону обработки предварительно сориентированная заготовка при выдвижении с помощью гидро- или пневмоцилиндров 1 и 7 конусами 4 пальцев 2 окончательно ориентируется (базируется). Закрепление заготовки 5 в базированном состоянии осуществляет прижимной силовой цилиндр 6. Раскрепление обработанной заготовки осуществляется при полном выходе штоков гидроцилиндров в обратном направлении.

Доставку и удаление заготовки выполняет транспортное устройство автоматической линии; описание конструкций автоматических линий не

приводится.

Расчет точности установки заготовки в стационарном приспособлении, расчет сил зажима заготовки и жесткости приспособления производится так же, как и для обычных станочных приспособлений.

В приспособлениях для автоматических линий устанавливают пневмо-, электро- или другие датчики, автоматически контролирующие правильность установки заготовки. Контроль правильности установки также осуществляют и по положению фиксаторов – их вхождению на заданную глубину. Действие любого контрольного элемента блокируется стоп-устройствами автоматической линии. Приспособления автоматической линии, как и сама линия, должны обладать высокой надежностью.

Проектирование приспособления-спутника для автоматической линии – выполняется по методике конструирования станочных приспособлений. Особенность составляет в том, что вначале конструируется приспособление, реализующее установку в приспособлении-спутнике, а прижимные элементы закрепляют заготовку предварительно, т. е. усилием меньше рабочего, комплект основных баз приспособления выполняет ту же функцию, что и комплект основных баз заготовки, обрабатываемой в стационарном приспособлении. В этом случае создается статическая система заготовка—спутник, которая устанавливается на позиции обработки в стационарное приспособление станка.

Система заготовка - спутник базируется и закрепляется так же, как заготовка в стационарном приспособлении.

Приспособление – спутник сопровождает установленную в нем заготовку по всем агрегатам автоматической линии. Все стадии обработки осуществляются при одном закреплении заготовки в этом приспособлении. Заготовка устанавливается в приспособление – спутник в начале автоматической линии, а удаляется в конце. В результате установки заготовки в приспособление – спутник образуется статическая система приспособление – заготовка («ПЗ»). Система «ПЗ» устанавливается в приспособлении агрегата автоматической линии.

Приспособление - спутник с установленной в нем заготовкой перемещается периодически по линии с помощью шагового (реже цепного) транспортера от одного агрегата автоматической линии к другому. Количество спутников должно превышать число агрегатов линии.

Установка системы ПЗ - спутник на автоматической линии показана на схеме, рисунок 9.6. Плита 3 приспособления с планкой 5 устанавливается в направляющие 9 автоматической линии. В агрегате фиксатором 7, входящим во втулку 6, фиксируется плита – основание 3. Заготовка в спутнике (один из вариантов) закрепляется прихватными тягами 4, находящимися под действием пружины 2, поджимаемой при откреплении через траверсу гидро- или пневмоцилиндром 8.

На рисунке справа показан второй вариант выполнения направляющих автоматической линии.

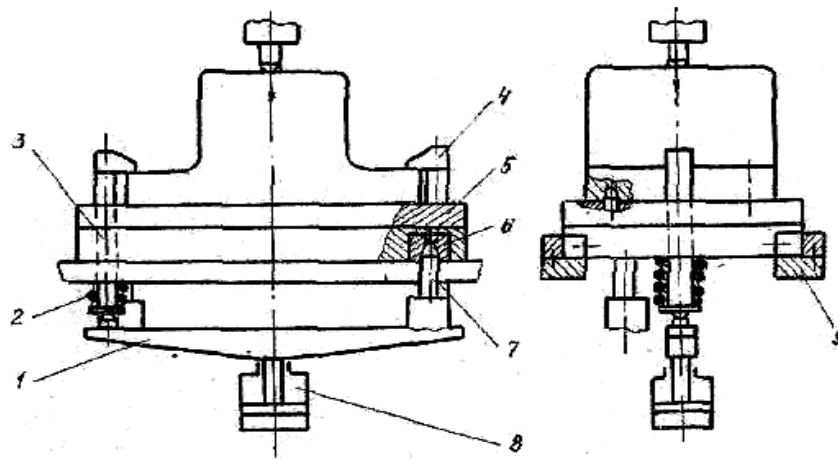


Рисунок 9.6 – Установка системы ПЗ - спутник на автоматической линии

Использование приспособлений – спутников для автоматических линий обходится дороже, чем стационарных приспособлений, так как их для линии требуется больше, чем стационарных, да и наличие стационарных для установки спутников сохраняется.

Приспособления - спутники применяют не по экономическим, а по технологическим соображениям. Дело в том, что у большинства деталей форма баз не позволяет применять стационарные приспособления, поэтому такие детали устанавливают в спутнике, базы которого приспособлены для установки в стационарных приспособлениях автоматической линии.

10 Проектирование приспособлений для станков с ЧПУ и роботизированных комплексов

10.1 Приспособления для станков с ЧПУ

Процесс конструирования приспособлений для станков с ЧПУ аналогичен рассмотренным ранее. Отличие составляют два основных момента:

- 1) выполнение шипов основной базы приспособления, согласованных размерной связью с отсчетной нулевой точкой станка (плавающий ноль);
- 2) элементы закрепления заготовки выполняются в таком виде, чтобы они не мешали прямому и непрерывному взаимодействию инструмента с обрабатываемым контуром поверхности заготовки (рисунок 10.1).

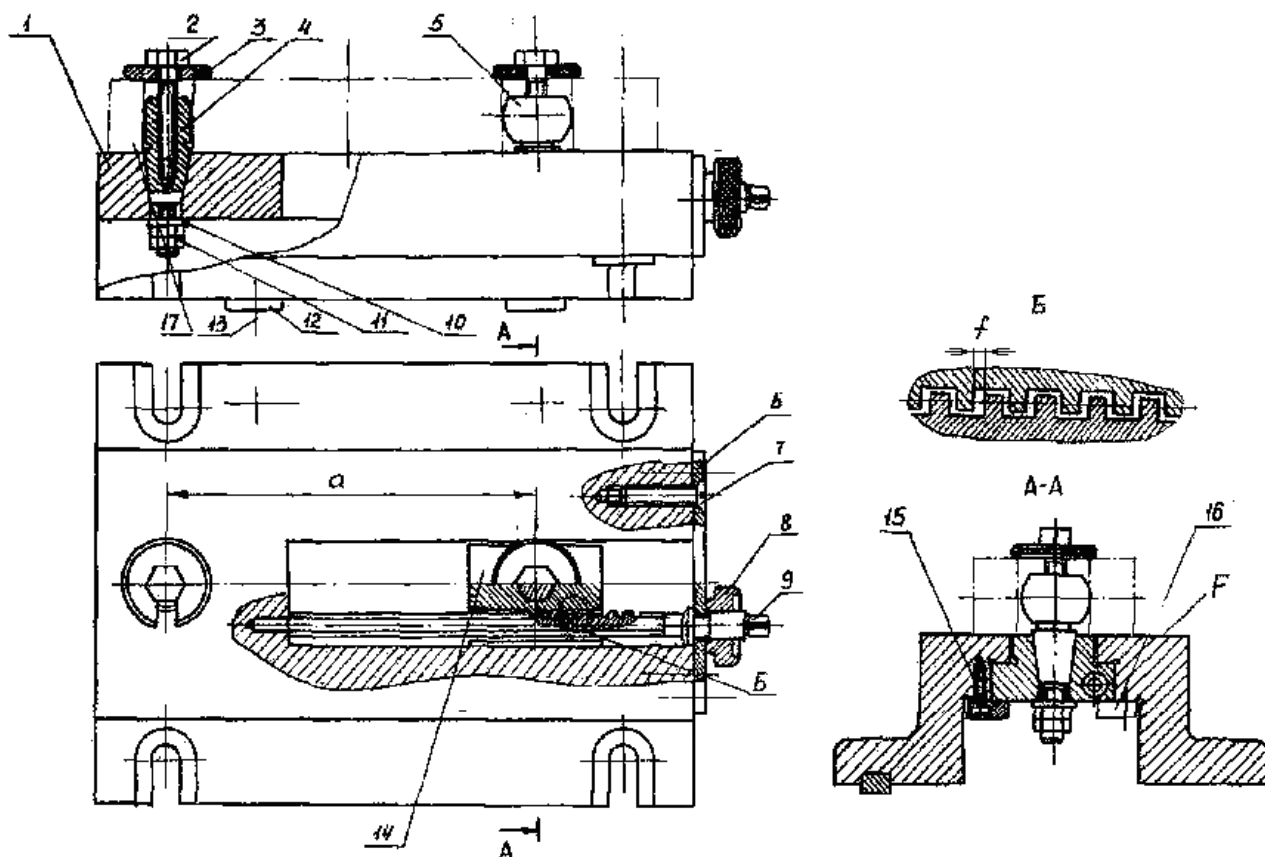


Рисунок 10.1 - Приспособление для обработки заготовки по контуру

Приспособление (рисунок 10.1) предназначено для обработки заготовок по контуру с базированием ее по плоскости и двум отверстиям. Оно содержит основание 1 с жестко фиксируемой цилиндрической опорой 4 и ползуном 14, в котором закреплена сферическая опора 5. Ползун 14 имеет возможность перемещаться при настройке приспособления в направляющих, образуемых корпусом 1 планками 16 с помощью винта 9 с ленточной резьбой.

Цилиндрическая и сферическая опоры (4, 5) при установке заготовки обеспечивают расположение заготовки 17 по плоскости, проходящей через вертикальные оси установочных опор и перпендикулярной установочной плоскости F приспособления.

Межцентровое расстояние при базировании заготовки реализуется посредством возможности перемещения сферической опоры 5, закрепленной на ползуне 14, за счет регламентируемого зазора f ленточной резьбы в паре винт-ползун (9, 14). Винт 9 располагается между опорами в корпусе 1 и планкой 6, прикрепленной к корпусу 1 с помощью винтов 7, и фиксируется при настройке с помощью гайки 8.

Приспособление ориентируется при установке на столе станка с помощью направляющих шпонок 12 и закрепляется четырьмя болтами в Т-образных пазах.

Приспособление имеет 4 типоразмера на межцентровые расстояния а для обрабатываемых заготовок в пределах 100–1300 мм и широкий диапазон посадочных отверстий для базирования (от 20 до 220 мм).

Работает и настраивается приспособление следующим образом. Перед установкой заготовки приспособление настраивается на определенное межцентровое расстояние, а по эталону путем установки подвижной сферической опоры 5 на ползуне 14 посередине зазора с помощью винта 9. Затем винт фиксируется с помощью гайки 8 и вместо эталона устанавливается заготовка 17, которая закрепляется с помощью винтов 2 и быстросменных шайб 3. Нагрузка от закрепления и процесса резания при обработке воспринимается корпусом приспособления 1.

10.2 Приспособление для роботизированных технологических систем

В обычной технологической системе, скажем, механической обработки заготовки, выполнение технологической операции производится двумя подсистемами. Одной из них является СПИД, другой – человек (рабочий), который выполняет все вспомогательные действия рабочего цикла технологической операции (рисунок 9.1). Он же выполняет функцию управления механической подсистемой СПИД.

Кроме того, рабочий осуществляет контроль точности установки каждой очередной заготовки в приспособлении, при необходимости осуществляет нужные действия для обеспечения точности установки заготовки в приспособлении.

Известно, что при установке заготовки в машинных тисках в результате закрепления имеет место отрыв основной установочной базы заготовки от вспомогательной тисков, что приводит к нарушению требуемой точности установки заготовки, а значит, и точности обработки. Рабочий в этом случае после закрепления заготовки подправляет ее положение до контакта баз основной установочной заготовки с вспомогательной базой приспособления. Для этого рабочий подстукивает молотком по заготовке в направлении досылки.

В роботизированной технологической системе все вспомогательные действия рабочего цикла технологической операции (рисунок. 10.1) вместо рабочего выполняет промышленный манипулятор или робот. Он работает автоматически по заданной программе.

Робот (или манипулятор) доставляет заготовку в рабочую зону, размещает ее на базирующие элементы приспособления в состоянии предварительной ориентации. Робот не может произвести тонкую, рабочую ориентацию заготовки - непрерывный контакта баз заготовки с базами приспособления. Для выполнения роботом такой функции потребовались бы дополнительные устройства и системы в структуре робота, технически трудно выполнимые и

экономически не оправданные. Целесообразнее возложить эту функцию на приспособления станков роботизированных технологических систем.

Поэтому к приспособлению предъявляются дополнительные требования по досылу заготовки до контакта с базовой поверхностью приспособления. Это дополнительное функциональное требование является основным отличием конструкции приспособлений станков роботизированных технологических систем.

10.2.1 Причины нарушения базирования при закреплении

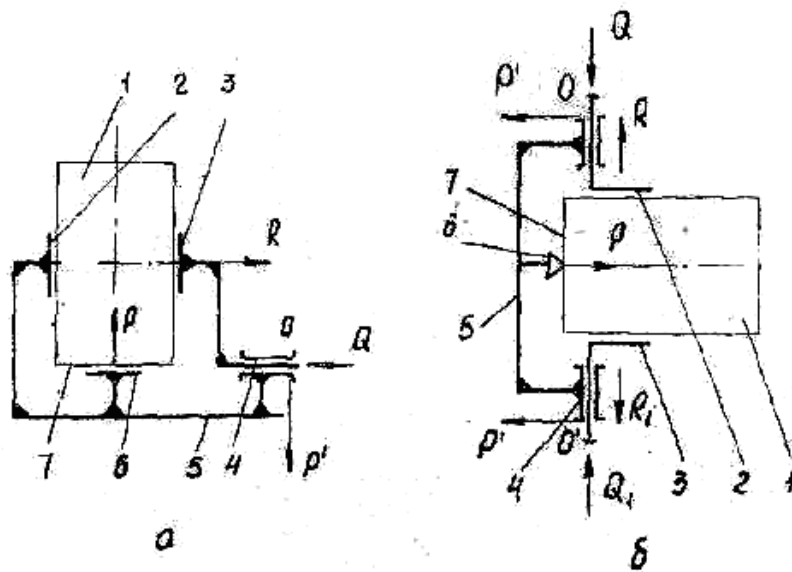
Для выявления наиболее значимых причин, приводящих к нарушению непрерывности контакта взаимодействующих баз – основных заготовки и вспомогательных приспособления, достаточно рассмотреть динамическую связь зажимных элементов с основными базами установочных элементов в базовых напшпindelных и настольных приспособлениях.

На рисунке 10.2 приведены схемы динамических связей элементов приспособления и заготовки при ее закреплении. На схемы нанесены только те силы, которые приводят к нарушению непрерывности баз в приспособлении с базами заготовки.

На рисунке 10.2а изображена принципиальная схема работы машинных тисков с плоскими губками 2 и 3 и средником 6. При действии усилия зажима Q , передаваемого прижимным элементом 3 на заготовку 1, возникает сила реакции R , которая с усилием Q образует момент от действия пары сил Q и R . Временным центром его вращения будет точка O правого конца направляющей 4. За счет выборки зазоров в направляющих и упругих деформаций системы прижимной элемент 3 будет перемещаться вверх и увлекать заготовку 1. На заготовку будет действовать сила P , с временным центром вращения в точке O . В результате происходит отрыв базы 7 заготовки 1 от базы 6 приспособления и нарушается непрерывность контакта.

Если учесть, что заготовка 1 доставляется в рабочую зону манипулятором или роботом и размещается в ней в состоянии предварительной ориентации, а ориентация еще нарушается закреплением заготовки в приспособлении, то требование точности установки, характеризуемой непрерывностью контакта соответствующих баз заготовки и приспособления, не выполняется. Поэтому использование таких приспособлений в роботизированной технологической системе недопустимо.

На рисунке 10.2б показана принципиальная схема работы самоцентрирующего кулачкового патрона с рабочими (зажимными) кулачками 2 и 3 и опорной базой 6. При действии усилий зажима Q и Q_1 , передаваемого зажимным элементом 2 и 3, будет, иметь место та же картина, что и в тисках (рисунок 6.3 а) с той лишь разницей, что моментов от сил Q и R , а также Q и R_1 , будет два, создающих одну силу P , отрывающую опорную базу 7 заготовки 1 от опорной вспомогательной базы 6 приспособления.



a – в настольном тисочного типа;

б – в напшпидельном типа самоцентрирующего патрона

Рисунок 10.2 – Схемы действия сил закрепления в приспособлении

Из схем рисунка 10.2 видно, что возникающая сила P в обоих случаях имеет воздействие, приводящее к нарушению непрерывности контакта баз заготовки и приспособления, и приводит к нарушению точности установки.

Для устранения этого действия надо устранить причину ее возникновения. Такое решение достаточно, когда заготовка в зоне обработки перед закреплением была уложена с непрерывным контактом ее баз с вспомогательными приспособления. А для роботизированной технологической системы, где заготовка в рабочей зоне укладывается предварительно сориентированной, необходимо, чтобы сила P действовала в направлении, противоположном изображенному на рисунке 10.2, чем заготовка досылалась бы до непрерывного контакта соответствующих ее баз и приспособления. Сила P должна стать полезной.

Чтобы действие сил на заготовку при ее закреплении, осуществлялось в направлении вспомогательных баз приспособления, прижимной элемент должен изменять и передавать силы в этом направлении. Так формулируется задача на дополнительную функцию приспособлений станков роботизированных технологических систем.

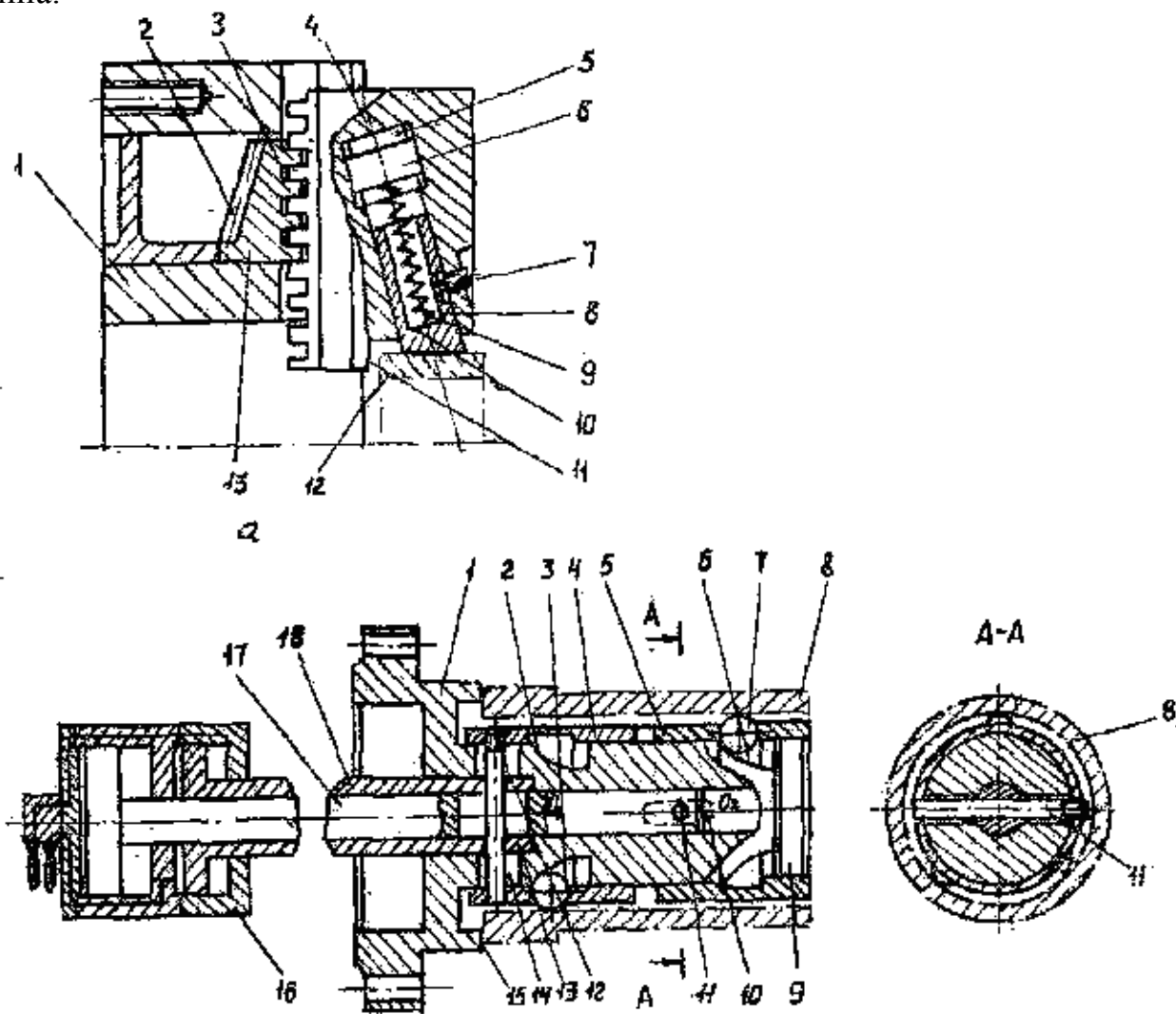
Задача может решаться изменением компоновки структурных элементов и связей в приспособлении, или прижимной элемент рабочего органа должен представлять собой не деталь, а механизм, преобразующий силу зажима в силы, направленные на вспомогательные базы приспособления благодаря соответствующей кинематической связи составляющих структурных

элементов прижимного устройства. В этом случае прижимное устройство выполняется в форме специальной наладки (СН) к соответствующему базовому приспособлению настольного или нашпindelного типа.

10.2.2 Приспособления для станков роботизированных систем

Поскольку отличительная особенность конструкций приспособлений, гарантирующих непрерывность контакта взаимодействующих баз заготовки и приспособления, относится только к агрегату рабочего органа, то в приводимых примерах конструкций показываются преимущественно рабочие органы приспособлений. Изображаются они в виде принципиальных схем, чтобы не ограничивать творческую инициативу исполнителей конструирования.

Рисунок 10.3 иллюстрирует нашпindelные приспособления такого типа.



a – самоцентрирующий патрон; *б* – самоцентрирующая оправка

Рисунок 10.3 – Приспособления нашпindelного типа для станков роботизированных систем

На рисунке 10.3*а* изображен самоцентрирующий патрон, зажимные кулачки которого снабжены дополнительным механизмом плунжерного типа. Самоцентрирующий патрон работает следующим образом. В начальном положении кулачки 4 отведены от оси патрона. Плунжеры 8 каждого кулачка под действием пружин 9 выступают из кулачков 4 в направлении оси патрона. В этом положении между кулачками 4 размещается заготовка 12. Приводится во вращение диск 2, который через спираль 3 перемещает к центру кулачки 4. Заготовка 12 вначале захватывается и удерживается плунжерами 8. При дальнейшем перемещении кулачков 4 пружины 9 поджимаются и кулачки 4 движутся по направлению к центру.

Утопающие в кулачках 4 плунжеры 8 с заготовкой 12 одновременно перемещаются и в направлении опорной базы 11, они увлекают заготовку 12 в направлении опорной базы 11 и создают условия неразрывности контакта опорной базы 11 левым торцем заготовки 12.

После полного утопания плунжеров 8 в полость кулачка 4 закрепление заготовки осуществляется взаимодействием кулачков 4 с наружной цилиндрической поверхностью заготовки 12. Таким образом, заготовка 12 дослана до опорной базы 11.

При использовании предлагаемого патрона полностью исключено попадание в рабочий механизм захвата – досылателя стружки, пыли и СОЖ.

Раскрепление заготовки осуществляется перемещением кулачков 4 от центра, вызываемым вращением в обратном направлении диска 13. При этом плунжеры 8 выдвигаются из кулачков 4 пружинами 9 в начальное положение. На рисунке 10.3*б* показана кулачковая оправка, работающая по тому же принципу, что и патрон (рисунок 10.3*а*), реализующая, установку по двум скрытым базам – точкам, определяющим положение геометрической оси. Она работает следующим образом.

На цилиндрической части оправки размещается заготовка 8 и досылается торцем до опорной базы 15, при установке заготовки 8 возможна ее недосылка до опорной базы 15. При включении привода 16 тяги 13 и 17 перемещаются влево и через штифты 11 и 12 увлекают втулки 4 и 5. Движущиеся втулки 4 и 5 перемещают по конусным поверхностям шарики 3 и 7. Шарики 3 и 7, двигаясь одновременно в осевом и радиальном направлениях, закрепляют заготовку 8, одновременно увлекая ее в направлении опорной базы 15, и образуют плотный контакт.

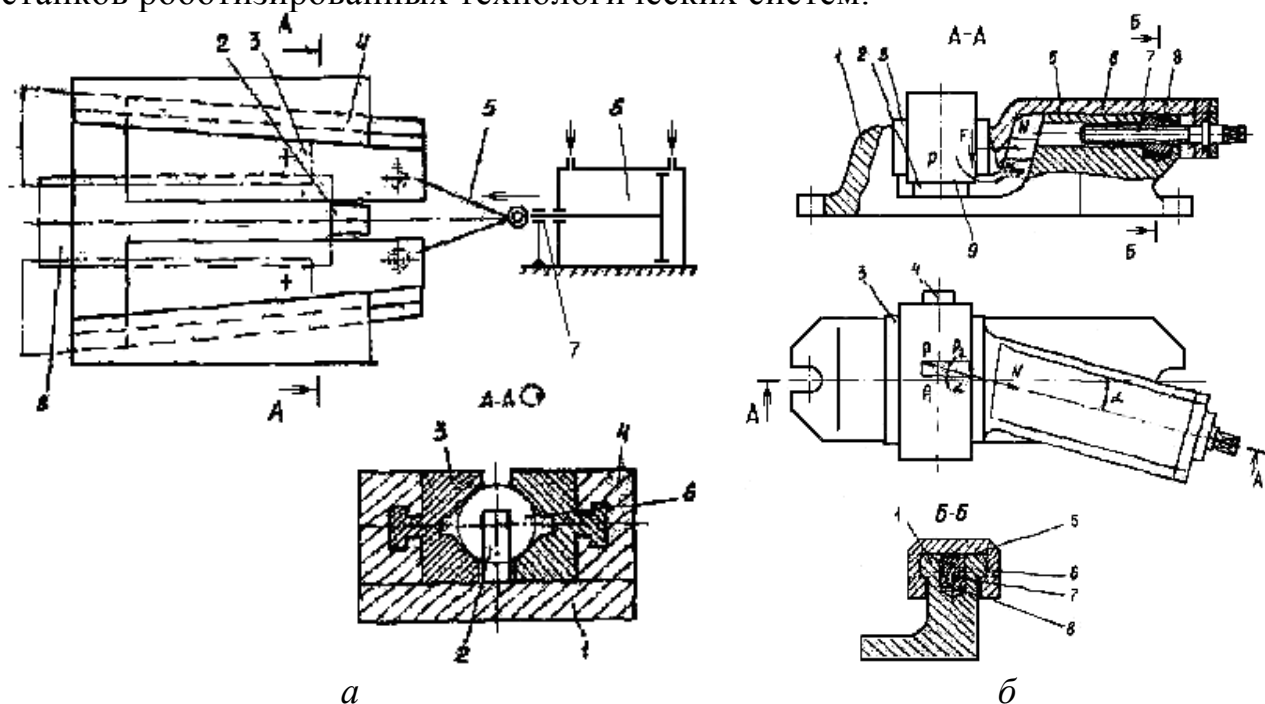
Таким образом, получают две замкнутые независимо регулируемые системы: первая – тяга 13, штифт 12, втулка 4, конус 2, шарики 3, центрируемая заготовка 8; и вторая – тяга 17, штифт 11, втулка 5, конус 6, шарики 7, центрируемая заготовка 8. При дальнейшем возрастании усилия закрепления силы расклинивания обоих рядов шариков 3 и 7, независимо друг от друга, уравниваются и происходит точное центрирование по двум скрытым базам – точкам O_1 и O_2 , т. е. по геометрической оси заготовки 5.

Заготовка 8 устанавливается соосно оправке 1 по двум, скрытым базам – точкам O_1 и O_2 . Установка заготовки по скрытой базе – точке O_2 обеспечивается, благодаря самоцентрированному радиальному расхождению шариков 3, перемещаемых по образующей конуса 2 в плоскости поперечного сечения расположения шариков 3. Самоцентрирование по скрытой базе – точке O_2 происходит благодаря независимому осевому и радиальному перемещениям шариков 7 в плоскости поперечного сечения их расположения.

Таким образом, длинномерная полая цилиндрическая деталь 8 установлена, несмотря на нецилиндричность базы заготовки, с высокой точностью соосности расположения по двум разнесённым на геометрической оси сечениям.

После обработки заготовки силовой привод 16 перемещает тяги 13, 17 вправо через штифты 11, 12, втулки 4, 5, шарики 3, 7, размыкает обе системы, и заготовка 8 свободно снимается.

Рисунок 10.4 содержит примеры настольных приспособлений для станков роботизированных технологических систем.



а – с направляющими, расположенными в верхней части и наклоненными к опорной базе;

б – с клиновыми опорно-зажимными элементами

Рисунок 10.4 – Приспособления настольного тисочного типа для станков роботизированных систем:

На рисунке 10.4*а* изображены тиски машинные. На корпусе 1 закреплены установочный 2, направляющий 3 и опорный 4 базовые элементы. Направляющая 5 расположена в верхней части корпуса 1 под острым, углом (например, от 15° до 45°) к продольной плоскости симметрии 1 – 1 в сторону от опорного базового элемента 4.

Работают тиски следующим образом: для установки заготовки 9 ее помещают на установочный базовый элемент 2 и досылают до направляющего 3 и опорного 4 базовых элементов, затем вращением винта 7 за рукоятку (на рисунке не показана) через гайку 8 перемещают по направляющей 5 зажимной элемент 6 и закрепляют заготовку 9.

За счет выполнения в тисках направляющей, расположенной в верхней части корпуса под острым углом к продольной плоскости симметрии 1 – 1, удалось получить:

- линия действия нормальной реакции N от равнодействующей сил зажима P расположена между плоскостью направляющей П–П и рабочей поверхностью установочного базового элемента 2, т. е. ниже направляющей П–П на величину h ; реакция N создает крутящий момент $M_{KP} = Nh$, способствующий перемещению рабочей поверхности зажимного, элемента 6 в направлении установочного базового элемента 2 (вниз по рисунку 10.4а), причем величина этого перемещения прямо пропорциональна зазору в направляющих 5 и величине упругой деформации зажимного элемента 6;
- перемещение зажимного элемента 6 вниз вызывает увлечение силой трения $F = N \cdot f$ (где f – коэффициент трения) заготовки на прижим ее к рабочей поверхности установочного базового элемента 2;
- в горизонтальной плоскости сила зажима P раскладывается на две активных составляющих: первая $P_1 = P \cos \alpha$ действует на прижим заготовки к направляющему 3, вторая $P_2 = P \sin \alpha$ – к опорному 4 базовым элементам.

Таким образом, конструкция тисков позволяет распределить усилие зажима заготовки по направлению всех трех базовых элементов (установочного 2 – F , направляющего 3 – P_1 и опорного 4 – P_2), что гарантирует неразрывность контакта основных баз заготовки с вспомогательными тисков в процессе закрепления и механической обработки заготовки. Это повышает точность установки и, следовательно, точность обработки установленной в тисках заготовки.

На рисунке 10.4б показано устройство тисочного типа. Оно работает следующим образом. Для зажима заготовку 8 помещают между зажимными кулачками 3. При рабочем перемещении под действием штока 7 силового цилиндра 6 посредством шарнирных тяг 5 зажимные кулачки 3 синхронно перемещаются по клиновым пазам 2 одновременно навстречу друг другу а в сторону вспомогательной опорной базы 2. При контакте заготовки 8 с опорной базой 2 и дальнейшем движении кулачков 3 происходит окончательный ее зажим.

Все элементы приспособления смонтированы на корпусе .

При обратном же ходе штока 7 силового цилиндра 6 зажимные кулачки 3 перемещаются по направляющим 4 в направлении от вспомогательной опорной базы 2 и расходятся, производя разжим заготовки 8.

11 Унификация и стандартизация приспособлений и их конструктивных элементов

Всякое станочное приспособление представляет собой структурно законченную систему иерархии составляющих его конструктивных элементов. Каждый из них выполняет свою функцию, необходимую для выполнения общей функции структурного (конструктивного) элемента более высокого порядка сложности – вплоть до приспособления в целом.

Функция приспособления в целом является комплексным проявлением функции его агрегатов, функция агрегата проявлением функций его узлов, узла – механизмов, механизма – подгрупп, подгруппы – деталей, детали – ее исполнительных поверхностей. Функция каждого конструктивного элемента выполняется благодаря наличию соответствующих форм связи конструктивных элементов, составляющих данный, и сочетания этих связей: статических (размерных), кинематических и динамических.

Функция станочного приспособления – обеспечение установки заготовки – осуществляется агрегатом рабочего органа. Он включает элементы базирования и закрепления (зажима). Элемент базирования статически или кинематически связан через промежуточные с базовым элементом (корпусом) приспособления. Такая система обеспечивает размерную связь основной базы приспособления с его вспомогательной базой. Прижимной элемент находится в связи с передачей, преобразующей кинематические и динамические характеристики привода в кинематическое и динамическое действия элемента закрепления, являющегося выходным звеном кинематической цепи передачи. Передача связана с базовым элементом приспособления.

При рассмотрении иерархии структур, функций и связей структурных элементов и приспособления в целом выявляется то, что одно приспособление, имеющее данную структуру, функцию и связи структурных элементов, одинаково пригодно для выполнения ряда деталеопераций и может комплектоваться в системы СПИД с разными станками и инструментами. Такое приспособление, используемое в разных системах СПИД, является их унифицированным структурным элементом. Унифицированными также бывают агрегаты в структуре приспособлений, узлы – в агрегатах, механизмы – в узлах и т.д. (до поверхностей в деталях). Во всех этих случаях имеет место конструкторская (функциональная) унификация.

Наличие конструкторской унификации создает базу для унификации технологических процессов изготовления и сборки унифицированных приспособлений и их конструктивных элементов любого порядка сложности, а их сочетание составляет основу нормативной унификации по методике конструирования, руководящих материалов, стандартов.

Унифицированные приспособления и их конструктивные элементы, технологические процессы и нормативные материалы, обладающие качествами наилучшим образом выполнять функцию своего служебного назначения, стандартизуются. На них разрабатываются стандарты.

Конструкторская (она же и функциональная) стандартизация, предусматривающая стандартизацию структуры и связей структурных элементов конструкций, предусматривает и стандартизацию типоразмеров этих конструкций и их элементов. Для этого создаются типоразмерные ряды. Шаги размерных рядов, как и сами размеры, едино регламентированы по величине.

Стандартное приспособление, применяемое для определенного количества деталей операций в разных системах СПИД, а также конструктивные элементы в разных приспособлениях со свойственной им функцией могут применяться для обработки разных по габаритам заготовок. Значит, и сами элементы должны иметь соответствующие заготовке габариты.

Условия стандартизации требуют определенности размеров каждого типа приспособления и его конструктивных элементов.

Размеры должны браться только из рядов предпочтительных чисел. Ряды предпочтительных чисел, обозначаемые R5; R10; R20; R40; R80 (ГОСТ 8032-56), представляют собой ряды геометрической прогрессии соответствующих им знаменателей.

Для ряда R5 знаменателем является $\sqrt[5]{10}=1,6$, ряда R10 – $\sqrt[10]{10}=1,25$, ряда R20 – $\sqrt[20]{10}=1,12$, ряда R40 – $\sqrt[40]{10}=1,06$, ряда R80 – $\sqrt[80]{10}=1,03$.

Числа ряда получаются, как члены геометрической прогрессии со знаменателем $\varphi_n = \sqrt[n]{10}$, где n — количество чисел в каждом десятичном интервале. Так для ряда R5 $\varphi_n = \sqrt[5]{10}=1,6$, а его геометрическая прогрессия будет 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; ...

Любой член прогрессии может быть вычислен по формуле

$$N_i = \varphi_n^i, \quad (11.1)$$

где i – порядковый номер числа;

φ_n – знаменатель прогрессии.

Числа рядов, выраженные в мм, образуют нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636-69.

Приспособления одинакового или близкого функционального назначения разными конструкторами разрабатываются в разном конструктивном исполнении. Практика их использования позволяет выделить из них лучшие или обобщить положительные показатели отдельных в одну конструкцию. Так на базе существующего ранее множества разных исполнений создается целесообразный минимум номенклатуры конструкций приспособлений каждого функционального назначения, которые затем стандартизируют.

Стандарт на приспособление регламентирует принцип действия, структуру, форму связи конструктивных элементов, а также типоразмеры (размерный ряд) приспособлений данного функционального назначения и конструкции.

Стандарты периодически обновляются по мере появления более совершенных технических решений данной функциональной задачи в конструкции.

Преимущества стандартизации очевидны. Она не допускает разработок на уровне, ниже достигнутого в этой области, создает предпосылки стройности системы поиска информации, облегчает производственное конструирование, создает условия для автоматизации проектно-конструкторских работ, позволяет централизовать и концентрировать производство стандартных образцов приспособлений и их конструктивных элементов, чем делает их более дешевыми.

Для оценки работы по унификации и стандартизации станочных приспособлений пользуются комплексным коэффициентом степени унификации

$$y = \frac{\sum_{y.в} C_{y.в} + \sum_{y.Т} h}{\sum B \cdot C_{в} + \sum Th},$$

(11.2)

где $\sum_{y.в}$ – масса унифицированных деталей приспособления;

$C_{y.в}$ – средняя стоимость единицы массы унифицированных деталей;

$\sum_{y.Т}$ – трудоемкость изготовления унифицированных деталей;

h – средняя стоимость одного часа;

$\sum B$ – масса приспособления;

$C_{в}$ – средняя стоимость единицы массы приспособления;

$\sum T$ – общая трудоемкость изготовления приспособления.

12 Список литературы, рекомендуемой для изучения эвристики

- 12.1 **Альтшуллер, Г.С.** Найти идею: Введение в ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач/ Г.С. Альтшуллер.- М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. -400с.
- 12.2 **Крайнев, А.Ф.** Идеология конструирования / А.Ф.Крайнев. - М.: Машиностроение, 2003.-384с.
- 12.3 **Рот, К.** Конструирование с помощью каталогов/ К.Рот: пер. с нем. В.И. Борзенко [и др.]; под ред. Б.А. Березовского. - М.: Машиностроение, 1995.- 420 с.
- 12.4 **Степанов, Ю.С.** Эвристические методы в технологии машиностроения: Альбом типовых примеров: учебное пособие/ Ю.С.Степанов, А.Е.Щукин, Б.И.Афанасьев. - М.: Машиностроение, 1996. - 128 с.

Заключение

В промышленности эксплуатируется более 25 миллионов специальных станочных приспособлений. Затраты на изготовление технологической оснастки приближается к затратам на производство металлорежущих станков. Задача повышения эффективности и качества технологической оснастки - одна из важнейших технических проблем. Основную группу технологической оснастки составляют приспособления механосборочного производства. Технологическая оснастка способствует повышению производительности труда в машиностроении и ориентирует производство на интенсивные методы его ведения. На предприятиях машиностроения до 90% организационно-технологических мероприятий, направленных на обеспечение роста производительности труда рабочих-станочников, связано либо с изменением конструкций, либо с изготовлением новых видов инструментов и приспособлений.

Поэтому студент, в процессе обучения должен научиться умению творчески мыслить, пользоваться имеющейся информацией для разработки эффективных конструкций приспособлений.

Сложность состоит в том, что прежде чем приступить к проектированию приспособления для решения конкретной задачи необходимо не только знание теоретических аспектов, изложенных в курсах «Технологии машиностроения» и «Технологическая оснастка», нужен опыт, представленный в известных конструкциях приспособлений. Только анализ работы различных приспособлений позволяет «прочувствовать» и понять причины заставившие разработчика использовать то или иное решение, научиться не только понимать, но и творчески перерабатывать такие подходы, освоить логику принятия решений при проектировании техоснастки.

Основная цель пособия - оказать помощь на этом нелегком пути, попытаться ввести в круг творческих проблем конструктора, показать сложность и привлекательность его труда, логику принятия решений, стимулировать активное восприятие материала.

Список использованных источников

- 1 **Андреев, Г.Н.** Проектирование технологической оснастки / Г.Н. Андреев, В.Ю. Новиков, А.Г. Схиртладзе. – М.: Станкин, 1997. – 416 с.
- 2 **Альтшуллер, Г. С.** Алгоритм изобретения/ Г.С. Альтшуллер. – М.: Московский рабочий, 1973.
- 3 **Амиров, Ю.Д.** Основы конструирования: Творчество – стандартизация – экономика: справочное пособие/ Ю.Д. Амиров. – М.: Изд-во стандартов, 1991. -392с.
- 4 **Артоболевский, Н.И.** Механизмы в современной технике. В 4-х томах/ Н.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1970 - 75.
- 5 **Диксон, Дж.** Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений / Дж. Диксон: пер. с англ. – М: Мир, 1969.
- 6 **Джонс, Дж. К.** Методы проектирования: пер. с англ./ Дж. К Джонс. – 2-е изд., доп.– М.: Мир, 1986. – 326 с ил.
- 7 **Еремин, А. В.** Конструирование станочных приспособлений. Методы разработки чертежа общего вида/ А. В. Еремин. – Куйбышев: КПТИ, 1983, - с.116.
- 8 **Еремин, А. В.** Конструирование станочных приспособлений. Метод изыскания принципиальных схем/ А. В. Еремин. – Куйбышев: КПТИ, 1982. - 82с.
- 9 **Крайнев, А.Ф.** Идеология конструирования/ А.Ф. Крайнев - М.: Машиностроение, 2003.-384с
- 10 **Орлов, П.И.** Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн./ П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – Кн. 1- 560с., Кн.2 – 544с.
- 11 РД 50-533...- 536-85 Методические указания. Система стандартов технологической оснастки. Приспособления к металлорежущим станкам. Информационно-поисковая система по выбору. - М.: Изд-во стандартов, 1985.- 120с.
- 12 Справочник технолога машиностроителя: в 2т /под ред.А.М.Дальского.- М.:Машиностроение-И, 2001. - Т1 - 912 с., Т2 - 944 с.
- 13 **ГОСТ 21495-76** – Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. Введ.01.01.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1982. - 37с.
- 14 **ГОСТ 13440-68-** Опоры постоянные с плоской головкой для станочных приспособлений. Введ.01.01.1969. – М.: Изд-во стандартов, 1968. - 6с.
- 15 **ГОСТ 4743-68-** Пластины опорные для станочных приспособлений. Введ. 01.01.1969. – М.: Изд-во стандартов, 1968. - 7с.