

Тема 1 Классификация и кинематика металлорежущих станков

Тема 1.1. Классификация металлообрабатывающих станков.

Металлообрабатывающий станок – это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации. Обработка производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом.

Для обозначения моделей станков, выпускаемых серийно, принята система, основанная на классификации. Согласно этой классификации, все станки в зависимости от вида технологических операций, выполняемых на них, или применяемого инструмента подразделяются на девять групп (Табл.1.). Главным признаком объединения станков в группы является идентичность выполняемых технологических операций, например, токарных сверлильных фрезерных и т.д. Выделяют следующие группы станков:

1 – токарные; 2 – сверлильные; 3 – шлифовальные; 4 – комбинированные; 5 – зубо и резьбообрабатывающие; 6 – фрезерные; 7 – строгальные, долбежные и протяжные; 8 – станки заготовительных производств; 9 – разные.

Каждая группа станков делится на девять типов по следующим основным признакам:

- по количеству исполнительных органов одинакового назначения (многошпиндельные и т.д.)
- по типу инструмента (зубодолбежные и т.д.)
- по компоновке (вертикальношпиндельные, горизонтальношпиндельные, одностоечные и т.д.)
- по типу обрабатываемых поверхностей (круглошлифовальные, плоскошлифовальные и т.д.)

Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от вида операции и некоторых других факторов.

Обозначение моделей металлорежущих станков,

Наименование	Группа	Тип станка			
		1	2	3	4
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Токарно-револьверные	—
		одношпиндельные	многошпиндельные		
Сверлильные и расточные	2	Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные
			одношпиндельные	многошпиндельные	
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Круглошлифовальные, бесцентровошлифовальные	Внутришлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочношлифовальные	Специализированные шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4	—	Светолучевые	—	Электрохимические
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зуборезные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные, консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные
		одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8	Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском	
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентровообдирочные	—

Тип станка				
5	6	7	8	9
Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Радиально- и координатно-сверлильные	Расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные абразивные
Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	—
Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Вертикально-фрезерные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально-фрезерные консольные	Разные фрезерные
Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		—	Разные строгальные
	внутреннего	наружного		
Ленточно-пильные	Отрезные с дисковой пилой	Отрезные ножовочные	—	—
Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	—	—

По степени универсальности различают следующие станки

– универсальные, которые используют для изготовления деталей широкой номенклатуры с большой разницей в размерах. Такие станки приспособлены для различных технологических операций. Станки, используемые для очень большого диапазона работ, называют широкоуниверсальными. К универсальным станкам относят, например, токарно-винторезный станок 16К20;

- специализированные, которые предназначены для изготовления однотипных деталей, например, корпусных деталей, ступенчатых валов сходных по форме, но различных по размеру. К таким станкам относят, в частности, многорезцевые токарные, токарные для обработки коленчатых валов;

- специальные, которые предназначены для изготовления одной определенной детали или детали одной формы с небольшой разницей в размерах.

Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от типа производства. Станки специальные и специализированные обычно используются в автоматических линиях.

По степени точности станки разделены на 5 классов:

Н – станки нормальной точности, к ним относят большинство универсальных станков;

П – станки повышенной точности, изготавливаемые на базе станков нормальной точности, но при повышенных требованиях к точности изготовления ответственных деталей станка, качеству сборки и регулированию;

В – станки высокой точности, достигаемой за счет специальной конструкции отдельных сборочных единиц, высоких требований к точности изготовления деталей, к качеству сборки и регулированию сборочных единиц и станка в целом;

А – станки особо высокой точности, при их изготовлении предъявляют ещё более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В;

С – особо точные или мастер-станки, предназначенные для изготовления деталей, определяющих точность станков классов А и В.

В обозначение модели может входить буква, характеризующая точность станка: 16К20П – токарно-винторезный станок повышенной точности. Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от требуемой точности обработки. Станки классов точности В, А и С должны эксплуатироваться в специальных помещениях (термоконстантные участки или цеха), в которых поддерживается стабильный температурный режим. Причем чем выше точность станка, тем жестче температурный режим помещения.

По степени автоматизации выделяют станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматом называют такой станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляется автоматически, т.е. выполняются механизмами станка без участия оператора.

Цикл работы полуавтомата выполняется также автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки.

С целью комплексной автоматизации для крупносерийного и массового производства создают автоматические линии и комплексы, объединяющие различные автоматы, а для мелкосерийного производства – гибкие производственные модули (ГПМ).

Автоматизация мелкосерийного производства деталей достигается созданием станков с программным управлением (циклом), в обозначение моделей вводится буква Ц (или числом буква Ф). Цифра после буквы Ф обозначает особенность системы управления; Ф1 – станок с цифровой индикацией (с показом чисел, отражающих, например, положение подвижного органа станка) и предварительным набором координат; Ф2 – станок с позиционной или прямоугольной системой; Ф3 – станок с контурной системой; Ф4 – станок с универсальной системой для позиционной и контурной обработки, например, модель 1Б732Ф3 – токарный станок с контурной системой ЧПУ.

По массе станки подразделяются на:

легкие – до 1 т,

средние – до 10 т,

тяжелые – свыше 10 т.

В свою очередь **тяжелые** станки подразделяются на:

- крупные – 10...30 т;

- собственно тяжелые – 30...100 тонн;

- уникальные – свыше 100 тонн.

Данный признак классификации используется в основном проектировщиками механосборочных цехов для установки в тех или иных пролетах грузоподъемных механизмов соответствующей грузоподъемности для установки и снятия заготовок на станок и со станка. От веса станка зависит так же способ его установки в цеху. Станки легкие и средние устанавливаются на общем полу цеха, а станки крупные и выше требуют специальных фундаментов для их установки.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех и четырех цифр и букв. Первая цифра всегда обозначает номер группы по классификационной таблице, вторая – номер подгруппы. Последние одна или две цифры характеризуют один из важнейших размеров станка. В различных группах станков одни и те же последние цифры обозначают различные – наиболее характерные технологические параметры станка. Например, мод.1136 обозначает токарный одношпиндельный автомат с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 36 мм, мод.2135 – вертикально-сверлильный станок с наибольшим диаметром сверления 35 мм и т.д.

Буква, стоящая после первой цифры, указывает на модернизация основной базовой модели станка. Так, токарный автомат мод. 1А136 – это модернизированный станок мод.1136; ступенчатый привод шпинделя заменен в модернизированной модели

бесступенчатым. Наличие буквы в конце цифровой части обозначает модификацию (видоизменение) основной базовой модели. Так, на базе универсального токарно-винторезного станка мод.1К62 выпускают его модификации: мод.1К62А – с копировальным устройством, мод.1К62Б – тот же станок, но повышенной точности, мод.1К62Т – особо высокой точности, мод.1К62М – с возможностью переключения скоростей и подач в процессе обработки, с автоматическим рабочим циклом, и копировальным и загрузочным устройствами.

Технические характеристики станков.

Станок как сложная техническая система имеет большое количество характеристик, которые можно разбить на четыре группы:

- геометрические характеристики;
- точностные характеристики;
- скоростные характеристики
- силовые характеристики

1. Геометрические характеристики.

К геометрическим характеристикам относятся:

- основной размер;
- размеры рабочего пространства (максимальные величины перемещений рабочих органов станка)
- основные присоединительные размеры
- габаритные размеры станка.

Рабочим пространством станка называется пространство, в котором размещается обрабатываемая деталь. В любую точку рабочего пространства может быть помещен инструмент при его перемещении и, или перемещении рабочего пространства. Таким образом можно сказать, что размеры рабочего пространства определяются величиной наибольших перемещений исполнительных органов. Присоединительными размерами станка являются размеры поверхностей, по которым осуществляется присоединение приспособлений или обрабатываемой детали к рабочим органам станка.

2. Точностные характеристики.

К точностным характеристикам относятся:

- точность перемещения или позиционирования рабочих органов станка;
- точность вращения шпинделя (радиальное и осевое биение переднего конца);
- точность взаимного расположения рабочих органов станка (неперпендикулярность направляющих салазок и суппорта и т.д.);
- точность взаимного расположения отдельных конструктивных элементов деталей (непараллельность направляющих станины или стойки и т.д.).

3. Скоростные характеристики.

Для осуществления оптимальных режимов резания станки оснащают механизмами для регулирования скорости резания и подачи. Существуют два основных способа регулирования скорости: ступенчатое регулирование и бесступенчатое регулирование.

Ступенчатое регулирование нашло наибольшее распространение в металлорежущих станках и осуществляется при помощи множительных структур, которые создают геометрические ряды частот вращения (скоростей), которые являются экономически предпочтительными.

4. Силовые характеристики.

К силовым характеристикам станка относятся:

- мощность привода главного движения;
- мощность привода подач;
- мощность холостого хода;
- крутящие моменты

Технико-экономические показатели станков.

Для оценки качества станков пользуются системой технико-экономических показателей, наиболее важными из которых являются точность, производительность, надежность, экономическая эффективность, безопасность и удобство обслуживания. Имеют также значение универсальность, степень автоматизации, материалоемкость, габаритные размеры, патентоспособность и другие показатели.

Точность станка характеризуется его способностью обеспечить форму, размеры, взаимное расположение с допустимыми отклонениями, а также определенную шероховатость обработанных поверхностей изделия.

Производительность станка оценивают чаще всего числом деталей, которые можно изготовить в единицу времени при соблюдении требований к точности (штучная производительность).

Повышение **производительности станка** достигается прежде всего увеличением скорости движения, глубины резания, числа одновременно работающих инструментов, автоматизацией цикла работы.

Надежность станка является его свойством сохранять при правильной эксплуатации точность и производительность в заданных пределах, а также сохранять свои качества при правильном хранении и транспортировке. Надежность станка характеризуется рядом показателей. Экономическая эффективность определяется сравнением приведенных затрат для нового и заменяемого станка. Приведенные затраты включают в себя себестоимость продукции, изготавливаемой на станке, и единовременные капитальные вложения (стоимость оборудования, здания и др.). Экономическая эффективность зависит в первую очередь от производительности станка. Повышение точности станка выгодно, так как благодаря этому устраняется ручная доводка, повышается долговечность или улучшаются другие эксплуатационные качества изготавливаемых деталей.

Долговечность станка — свойство станка сохранять работоспособность в течение некоторого времени с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния.

Ремонтпригодность — свойство, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и восстановлению работоспособности.

Гибкость — способность к быстрому переналаживанию. Она характеризуется универсальностью и переналаживаемостью.

Универсальность определяется числом разных деталей, подлежащих обработке на данном станке, или отношением количества деталей, выпущенных на станке за год к номенклатуре детали.

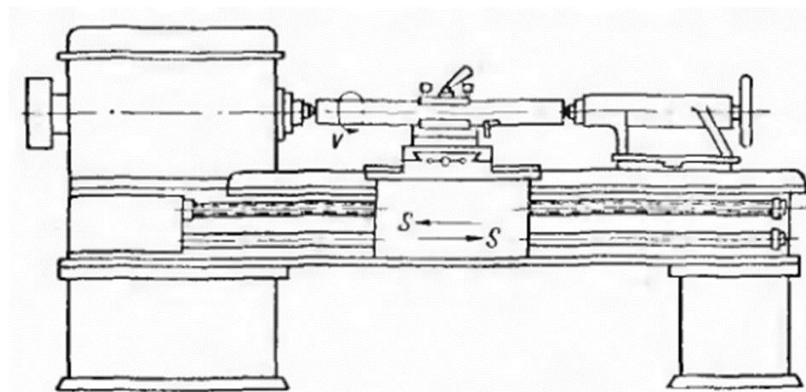
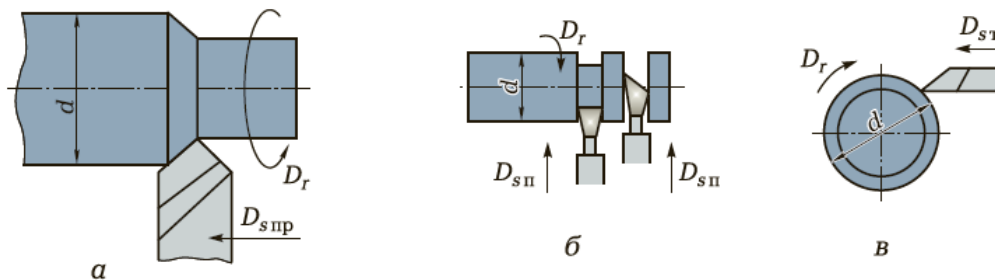
Переналаживаемость определяется затратами времени и средств на переналадку станка при переходе на обработку новой партии деталей.

Тема 1.2. Движения в металлорежущих станках

Для получения на заготовке, обрабатываемой на металлорежущем станке, заданной чертежом поверхности необходимо, чтобы режущая кромка инструмента перемещалась относительно заготовки определенным образом, снимая с нее припуск в виде стружки. Требуемое относительное перемещение может совершаться либо инструментом, либо заготовкой или – чаще – сочетанием движений обрабатываемой заготовки и инструмента. Для получения заданной геометрической поверхности эти движения должны быть согласованы между собой, т.е. связаны определенной закономерностью (или закономерностями).

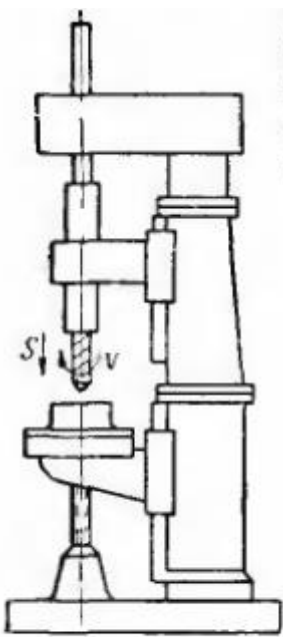
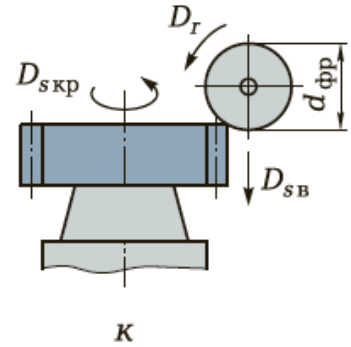
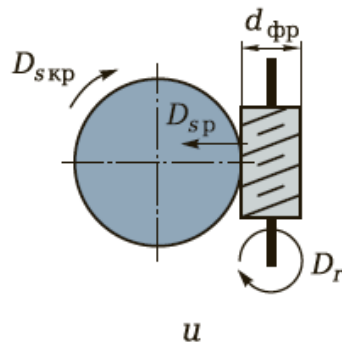
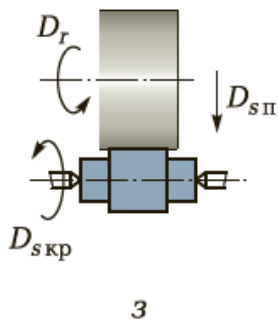
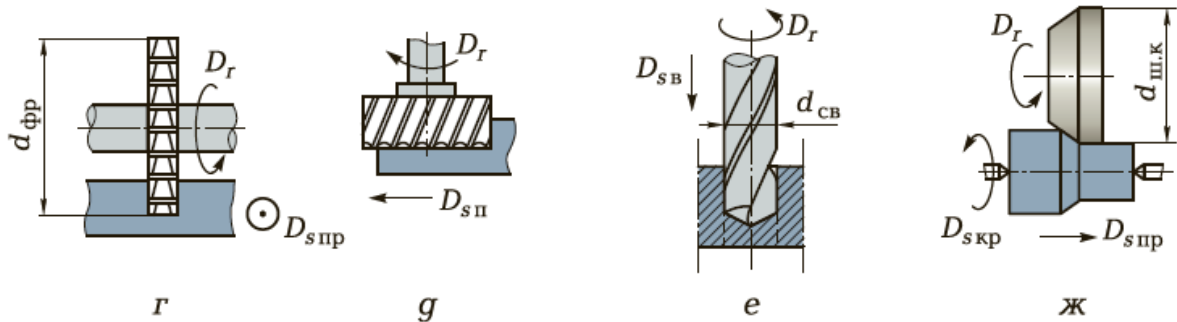
При изготовлении деталей на станках инструментом или заготовкой могут выполняться следующие движения: главное, подачи, деления, обката дифференциальное и вспомогательное.

Главное движение резания D_r обеспечивает снятие стружки с заготовки с наибольшей скоростью в процессе резания. Главное движение может быть вращательным, прямолинейным и поступательным (рис.1.1) Главное движение могут совершать как заготовка, так и режущий инструмент. У станков токарной группы главным движением является вращение заготовки (рис. 1.1. а-в).

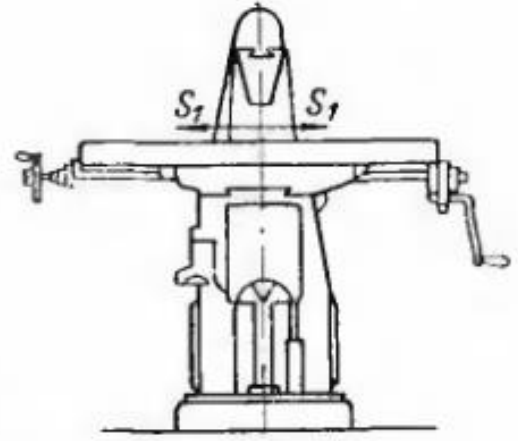
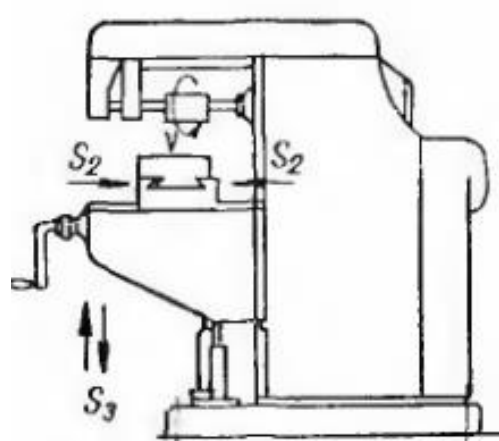


Фиг. 1, 1. Основные движения в токарном станке.

В сверлильных, фрезерных, шлифовальных, зубофрезерных станках главное движение сообщается режущему инструменту (рис.1.1, г-к).



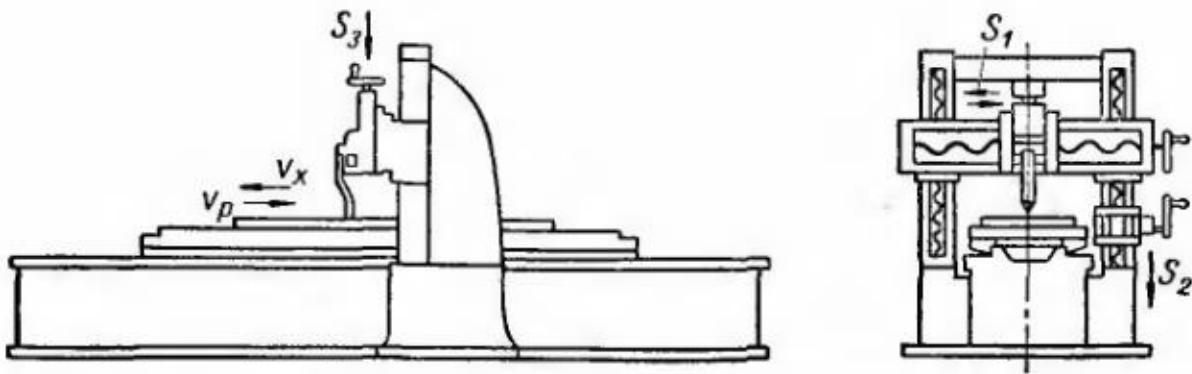
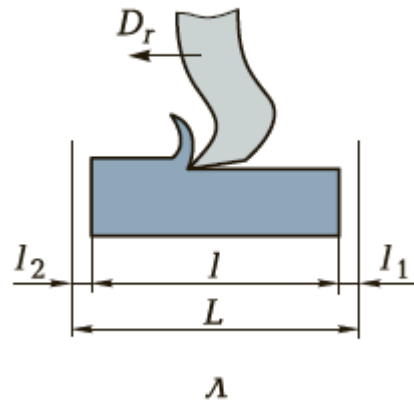
ны
пер
в
пр



Фиг. 1, 4. Основные движения в фрезерном станке.

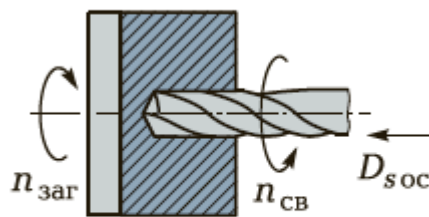
Фиг. 1, 3. Основные движения в сверлильном станке.

У долбежных, зубодолбежных, продольно-строгальных, поперечно-строгальных и протяжных станков главным движением является возвратно-поступательное прямолинейное движение. На рис. 1.1, л показана схема обработки поверхности на поперечно-строгальном станке (главное движение совершает режущий инструмент), что характерно для долбежного, зубодолбежного и протяжного станков; на продольно-строгальном станке главное движение сообщается столу, т.е. заготовке.



Фиг. 1, б. Основные движения в продольно-строгальном станке.

Иногда главное движение получают сложением (вычитанием) двух вращений. Например, в некоторых токарных автоматах для получения заданной скорости резания при сверлении отверстия малого диаметра заготовку вращают в одном направлении, а сверло – в другом (рис. 1.1, м)



м

В данном случае скорость резания определяется по формуле

$$V = \frac{\pi d_{св}(n_{св} + n_{заг})}{1000},$$

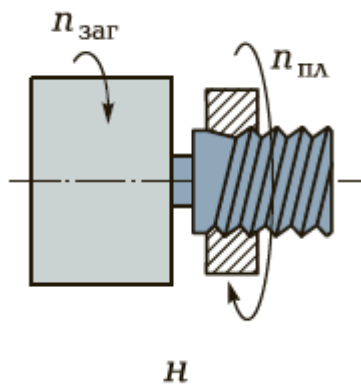
Где $d_{св}$ – диаметр сверла, мм;

$n_{св}$, $n_{заг}$ – частота вращения сверла и заготовки соответственно, мин⁻¹.

Когда необходимо обеспечить невысокую скорость резания, например, при нарезании резьбы на токарных автоматах методом обгона (рис. 1.1, н), частота вращения плашки

должна быть больше, чем у заготовки. Скорость резания, м/мин, рассчитывают следующим образом:

$$V = \frac{\pi d_p (n_{пл} + n_{заг})}{1000},$$



Где d_p – диаметр нарезаемой резьбы, мм;

$n_{пл}$ $n_{заг}$ – частота вращения плашки и заготовки соответственно, мин^{-1} .

Для показанных на рис. 1.1., n направлений вращения будет нарезана левая резьба. Для нарезания правой резьбы заготовка и плашка должны вращаться в противоположном направлении. Заметим, что, когда плашка нарежет резьбу и остановится, произойдет свертывание плашки с резьбы.

Движение подачи D_s позволяет подвести под режущую кромку инструмента новые участки заготовки, тем самым обеспечить снятие стружки со всей обрабатываемой поверхности. Скорости подачи V_s при лезвийной обработке задается в миллиметрах в минуту.

Подачей S называется отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки (или заготовки) вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или долей цикла другого движения во время резания.

Под циклом движения понимается полный оборот, двойной ход или ход режущего инструмента (заготовки), а под долей цикла – например, угловой поворот на один зуб. В связи с этим существуют понятия подачи на один зуб S_z , подачи на оборот S_o , подачи на ход S_x , подачи на двойной ход S_{2x} .

В зависимости от направления движения инструмента по отношению к обрабатываемой заготовке различают подачи продольную $S_{пр}$ (см. рис. 1.1, а, г, ж), поперечную $S_{п}$ (см.рис.1.1 б, д, з), тангенциальную S_t (см. рис.1.1, в), вертикальную S_v (см. рис. 1.1, е, к), круговую $S_{кр}$ (см.рис. 1.1. ж – к), радиальную S_r (см. рис. 1.1, и) и осевую $S_{ос}$ (см. рис. 1.1, м).

Главное движение и движение подачи в совокупности называют основными движениями станка. В некоторых станках для получения заданной конфигурации поверхности детали используют дополнительные движения, кинематически связанные с основными движениями. К ним относятся движения деления, обката и дифференциальные.

Движение деления реализуют для осуществления необходимого углового (или линейного) перемещения заготовки относительно инструмента. Движение деления может быть непрерывным (в зубодолбежных, зубофрезерных, зубострогальных, затыловочных и других станках) и прерывистым (например, в делительных машинах при нарезании штрихов на линейке). Прерывистое движение осуществляется с помощью храпового колеса, мальтийского креста или делительной головки.

Движение обката – это согласованное движение между режущим инструментом и заготовкой, воспроизводящее при формообразовании определенную кинематическую пару; например, при зубодолблении между долбяком и обрабатываемой заготовкой воспроизводится зацепление двух зубчатых колес. Движение обката необходимо для формообразования в зубообрабатывающих станках: зубофрезерных, зубострогальных, зубодолбежных, зубошлифовальных (при обработке цилиндрических и конических колес).

Дифференциальное движение добавляется к какому-либо движению заготовки или инструмента. Для этого в кинематическую цепь вводятся суммирующие механизмы. Следует отметить, что суммировать можно только однородные движения: вращательное с вращательным, поступательное с поступательным. Дифференциальные движения необходимы в зубофрезерных, зубострогальных, зубошлифовальных, затыловочных и других станках.

Рассмотренные движения участвуют в формообразовании обрабатываемой детали. Однако на станке необходимо осуществлять и другие движения: подвести режущий инструмент к заготовке, отвести его после окончания обработки, зажать заготовку, снять ее, установить новую, переключить скорость или подачу, выключить станок. Такие движения называются вспомогательными, они подготавливают процесс резания, но сами в нем не участвуют.

Вспомогательные движения осуществляются вручную или в автоматическом цикле. Автоматизация вспомогательных движений повышает производительность труда.

Тема 1.3. Кинематическая схема станков.

Для полного понимания последовательности работы отдельных элементов созданного агрегата разрабатывается специальная схема взаимодействия. Схема кинематическая позволяет не только определить структуру всего агрегата, но и характер взаимодействия отдельных элементов. Она является своеобразным описанием его работы. Например, описание кинематической схемы станка включает все его элементы, способы соединения, принципы взаимодействия и точность работы каждой детали и конструкции в целом.

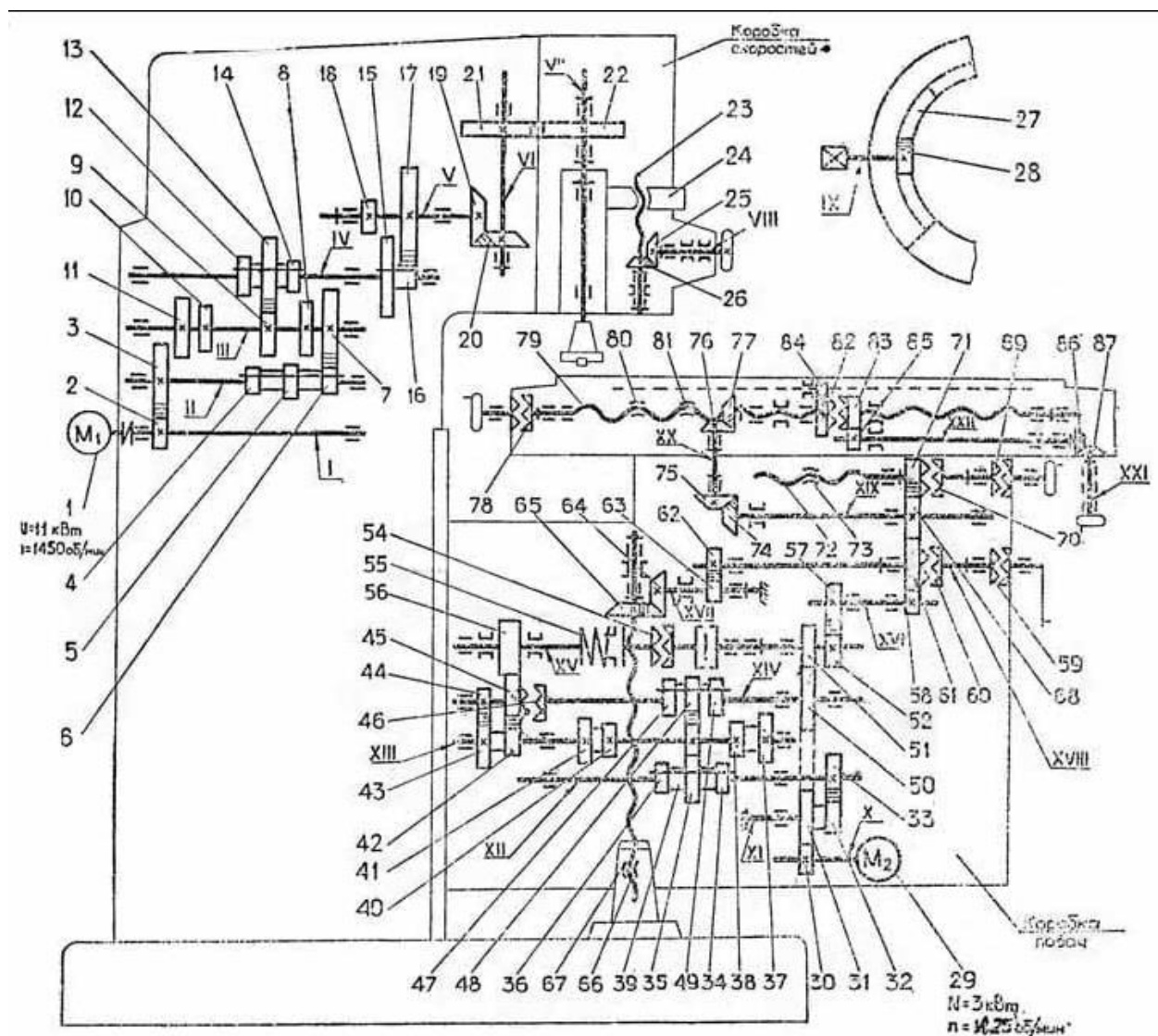


Рис. 8. Кинематическая схема

По назначению и выполняемым функциям схемы делятся на следующие типы:

- функциональные (поясняют основные функции каждой детали и всего механизма);
- структурные (предназначены для представления структуры всего агрегата);
- принципиальные (показывают последовательность различных связей между отдельными деталями).

Элементы, наносимые на чертёж, имеют стандартные обозначения. Зная назначения каждого из них можно понять особенности работы конкретного станка или агрегата.

Правила выполнения схем

Выполнение графических изображений кинематических схем производится с использованием следующих правил:

- выбор правильного обозначения применяемой конструкции;
- точное указание места расположения отдельной детали;
- последовательность их взаимодействия;
- ширина линий (устанавливается существующими стандартами);
- правильность отображения сносков;
- нанесение необходимых надписей и символов.

Правила выполнения кинематических схем заключаются в описании следующих конструктивных единиц:

- отдельных элементов;
- линий кинематических связей;
- звеньев;
- кинематических пар (объединяют две или несколько элементов).

Разработчик вправе выбирать масштаб по своему усмотрению. Это разрешено утверждёнными стандартами. На чертеже допускается не соблюдение реального расположения конструктивных составляющих в корпусе агрегата.

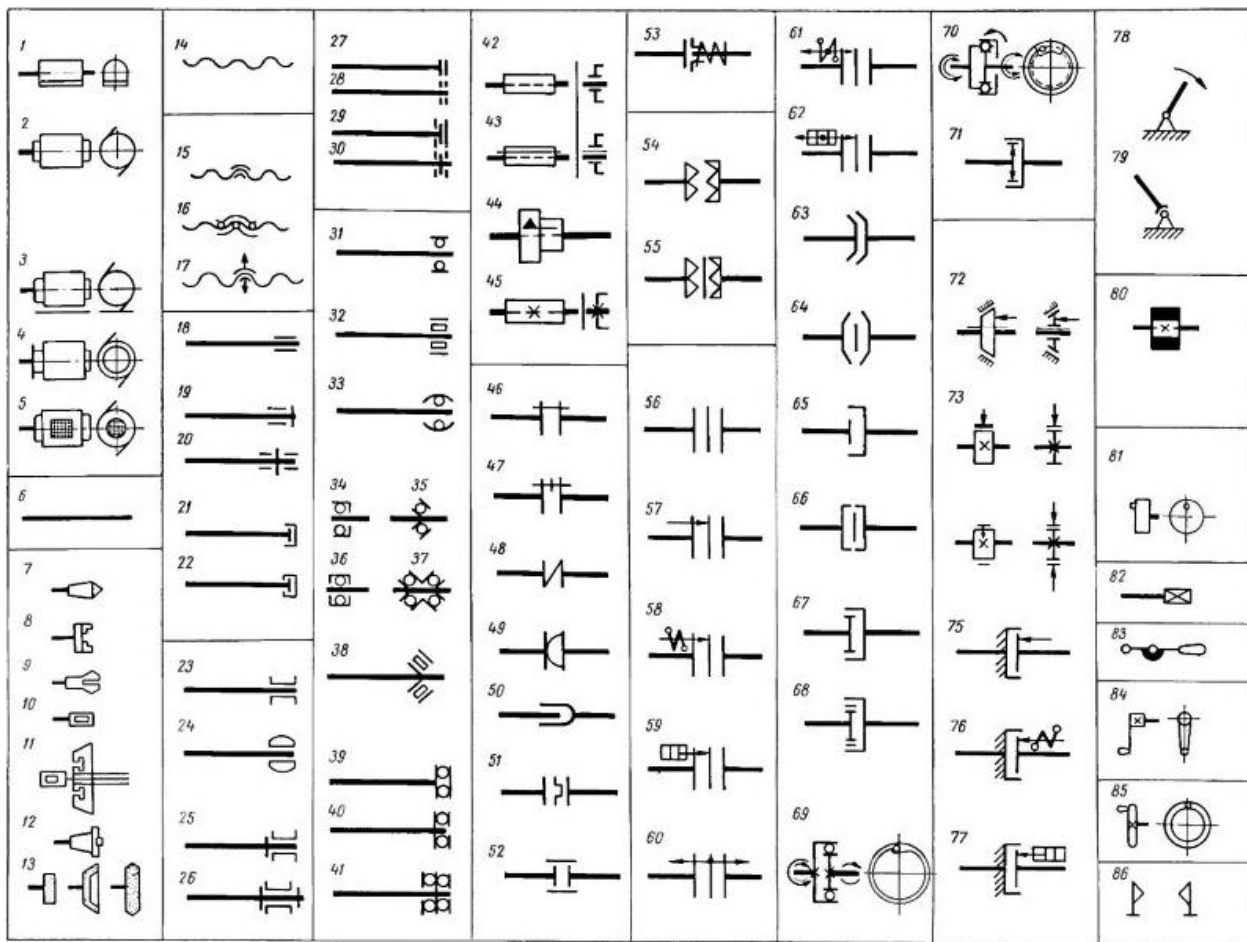


Рис. 2. Условные обозначения на кинематических схемах

Отдельной составляющей схемы считается блок (устройство, агрегат). Он предназначен для выполнения определённых функций. Его особенностью является не возможность деления на более мелкие детали без потери функционального назначения. Такими элементами являются: набор шестерён, один или несколько валов, установленные подшипники, используемый электродвигатель.

Линией связи между деталями обозначаются отрезком заданной длины и толщины. Он указывает на присутствие механизма связи между отдельными изделиями или устройствами. Если эта связь выполнена достаточно жёстко, конструкция объединяется в звено. Объединённые детали и звенья в единое целое называется установкой.

Для более подробного описания взаимодействующих элементов или звеньев, передачи направления движения допускается их объединение в так называемые кинематические пары. Особенности и порядок выполнения графических изображений зависит от их назначения.

На функциональных схемах отображают отдельные детали конструкции, которые задействованы в основном процессе передачи движения. Для удобства (по возможности) несколько деталей объединяют в отдельные функциональные группы. На чертеже обязательно отображают их функциональные связи. Каждый из них имеет собственный графический символ. Он установлен существующими стандартами и правилами оформления чертежей. Для лучшего понимания проходящего технологического процесса рекомендуется наносить технические характеристики использованных комплектующих. Кроме пояснительных надписей допускается размещение на свободном месте листа таблиц или диаграммы.

На принципиальных схемах отображают детали или их группы. Это могут быть, валы, передаточные механизмы или готовый двигатель. Они дают представление и понимание используемых принципов работы всего агрегата. Каждая деталь или узел изображается в отключённом состоянии (без указания порядка взаимодействия с другими деталями). Их составляют для проведения регулировок и отладки собранного агрегата.

С этой целью изображаются все основные кинематические связи: механические и не механические. Эти связи наносятся между отдельными элементами, кинематическими парами или группами элементов. Графически они располагаются в границах контура, обозначающего корпус агрегата. Чертёж каждого механизма, состоящего из нескольких комплектующих, может исполняться отдельным документом. На основном листе делается соответствующая ссылка. Если в составе отдельного агрегата или целого устройства применяют несколько одинаковых деталей, допускается выполнение одного чертежа. Остальные изображаются с допустимыми упрощениями. Положение комплектующих изделий может быть выбрано на основании наиболее оптимального процесса взаимодействия. Если этого недостаточно разрешается изобразить пунктирными линиями конечное положение детали.

Для лучшего понимания разрешается переносить элементы по поверхности листа. Обязательным условием является сохранение кинематических и функциональных связей. При нехватке места на поле чертежа в рамках границ корпуса агрегата, допускается отдельную деталь вынести за границы. В этом случае обязательно должны быть выполнены пояснения для ссылок. Они должны обеспечивать сохранение кинематических связей.

На принципиальной схеме обязательно указывают:

- максимально допустимое число оборотов вращающихся валов, передаточных звеньев;
- допустимое отклонение детали от исходного состояния;
- справочные таблицы;
- графики и диаграммы;
- характеристики, полученные расчётным путём на этапе проектирования;
- надписи, для пояснения специфики отдельных изделий или кинематических пар.

Схема, разработанная для пояснения протекающих динамических процессов, включает размеры каждого изделия с указанием допустимых значений механических нагрузок. На ней подробно наносят характеристики валов, места расположения, применяемых опор.

При пересечении различных деталей необходимо сохранять неразрывность начерченных линий. При наложении изображений различных конструкций дальнюю изображают как невидимую. Все линии и фигуры исполняются по правилам чертежной графики.

На кинематических схемах отображают:

- сплошными линиями установленной толщины –вращающиеся детали;
- линиями тоньше на половину–конструкции, которые указываются с упрощениями, например, червячные передачи или зубчатые колёса;
- взаимосвязи между отдельными составляющими, особенно кинематическими парами, выполняют пунктирными линиями;
- указание взаимосвязи между двигателем и передаточными механизмами–двойными пунктирными линиями;
- все связи, полученные расчётным путём, на этапе проектирования, при доработке наносятся тройными пунктирными линиями.

Кинематическим группам присваивают наименования. Оно поясняет тип и функциональное назначение. Могут быть указаны особенности привода подачи или специфику червячной передачи. Все эти пояснения делаются как вынесенные надписи на специально изображённой полке. Все эти надписи могут быть объединены в отдельный перечень. В нём делаются специальные пометки, указывающие на характеристики известные из справочников и стандартов, полученные расчётным путём и характеристики, получаемые в процессе отладки и регулировки всего механизма. В этом случае такие параметры помечаются специальной надписью, которая указывает, что они подбираются при регулировании.

Регламентирующие документы

Порядок и правила обозначения всех деталей, из которых состоит механизм, на всех типах схем установлены принятыми государственными стандартами. Эти правила, регламентируют порядок оформления графических элементов (фигур, надписей, обозначений) на кинематических схемах. Они являются обязательными для выполнения чертежей для любых механизмов и агрегатов.

Кинематическая пара и её условное обозначение	Шар-плоскость	Цилиндр-плоскость	Сферическая	Цилиндрическая	Поступательная
			Плоскостная	Сферическая	Вращательная
					Винтовая
	5/1	4/2	3/3	2/4	1/5
Число степеней свободы / класс пары					

В этот перечень входят:

- стандарт, определяющий перечень основных типов пояснительных надписей – ГОСТ 104-68;
- ГОСТ 2.701-84, включает пояснение основных видов и типов разрабатываемых схем;
- перечень установленных обозначений, разрешенных для использования ГОСТ 2.721–74;
- список обозначений: условные графические и общего назначения ГОСТ 2.747–68;

Они определяют место расположения и правила графического изображения (выбор толщины линий, формы значков, изображение сносков).

Область применения

Для понимания взаимосвязей отдельных деталей в полной структуре агрегата составляются кинематические схемы. На них отображают последовательность передачи различных видов перемещения деталей: вращательного или поступательного движения. Например, можно последовательно проследить передачу вращения от электродвигателя через передаточные звенья к конечному устройству.

Например, кинематическая схема токарного станка наглядно показывает, как передаётся вращательное движение якоря двигателя, к редуктору и к исполнительному механизму (передней бабке). На ней отображается путь поступательного движения подачи заготовки и режущего инструмента. На каждой схеме все детали машин объединены в единый стройный механизм.

Подобные схемы позволяют понять принцип работы самых сложных механизмов. К таким системам относится газораспределительный механизм (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания. При рассмотрении системы сжатия педального механизма можно определить физические параметры каждого элемента, величину и направление сил, действующих на них.

Важное значение имеют подробные кинематические схемы, составленные для комплексных обрабатывающих центров. Схемы механизмов типа бипод обладают гибридной кинематической структурой. Они объединяют: станину, механизмы параллельной кинематики, систему удержания заготовок и подачи режущего инструмента. Механизм подачи инструмента специальный многоцелевой механизм для содержания различного режущего инструмента и подачи его в необходимое время к поверхности заготовки для осуществления обработки поверхности.

Чтение кинематических схем

Система отечественных стандартов определяет перечень и правила обозначения каждой используемой детали. Таких изображений существует более двух сотен. Все знаки располагаются с соблюдением последовательности передачи движения от элемента к элементу. Они имеют своё графическое изображение. Например, подшипники качения и скольжения обозначаются двумя параллельными линиями заданной толщины. Муфта отображается в виде системы зубьев, которые входят в зацепление. В зависимости от применяемого знака, можно определить, какая муфта изображена: предохранительная или кулачковая.

Элементы схем	Обозначения
Валы, оси, стержни	
Подшипники / без обозначения типа / - радиальные	
- радиально-упорные	
Муфты сцепления:	
- фрикционные дисковые	
- фрикционные конусные	
- кулачковые / зубчатые / односторонние	
- кулачковые / зубчатые / двухсторонние	

Для станков, вал обозначается длиной сплошной линией, на котором располагаются различные элементы. Обозначение червячной передачи позволяет определить направление передачи обоих видов движений: поступательного и вращательного.

Для удобства чтения кинематической схемы любого оборудования все элементы нумеруются. Нумерация производится последовательно, начиная от двигателя и заканчивая конечным элементом. В соответствии с требованиями ЕСКД валы могут быть пронумерованы римскими цифрами, а остальные элементы схемы арабскими. Графические изображения (надписи или пояснения) располагают с помощью линий выноса. Каждая заканчивается небольшим отрезком (полкой) над которым наносят необходимые надписи. Их размещают на любом удобном свободном пространстве.

Чтение названий осуществляется на основании принятых наименований. Каждое имеет свою аббревиатуру. Она состоит из одной заглавной буквы и одной цифры. Вид обозначается заглавными буквами, например, К – кинематические, Г – гальванические. Тип цифрами, например, 1 – структурные, 2 – функциональные, 3 – принципиальные. Более подробный перечень таких обозначений можно найти в соответствующих таблицах. Таким образом, название может состоять из нескольких обозначений: ЭЗ – это схема электрическая принципиальная; КЗ – кинематическая принципиальная.