

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.10.2023 17:31:21
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



**КОМПОНОВКА
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ
И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДОВ**
Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных
работ для студентов направления
Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных произ-
водств

УДК 621.(076.1)

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Малыхин В.В.*

Компоновка металлообрабатывающих станков и проектирование приводов: методическое пособие по выполнению курсового и дипломного проектов, практических и лабораторных заданий/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун. Курск, 2017. 108 с.: ил.37, табл.13, прилож 4. Библиогр. 17: с.90.

Излагаются методические рекомендации по компоновке металлообрабатывающих станков, по проектированию приводов главного движения и подачи при бесступенчатом регулировании.

Методическое пособие соответствует требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ 20__ г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л.____. Уч.-изд.л. ____ . Тираж 100 экз. Заказ ____ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
1	ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ СТАНКОВ	5
	1.1 Факторы, определяющие технический уровень конструкции	5
	1.2 Компьютерные технологии проектирования узлов многооперационного станка	11
	1.3 Многооперационные станки	15
2	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ	30
	2.1 Анализ способов образования поверхностей деталей	30
	2.2 Аналоги или базовые варианты моделей станков	35
	2.3 Типовая структура интегрированной CAD/CAM-системы	48
	2.4 Проектирование кинематической схемы станка	49
	2.5 Методика проектирования приводов	57
3	РАСЧЕТ БЕССТУПЕНЧАТОГО ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ	60
	3.1 Расчет мощности привода главного движения	60
	3.2 Методика кинематического расчета привода главного движения	64
4	РАСЧЕТ БЕССТУПЕНЧАТОГО ПРИВОДА ПОДАЧ	70
	4.1 Токарная обработка	70
	4.2 Обработка фрезерованием	71
	4.3 Обработка отверстий (сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, растачивание)	73
5	РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ	76
	5.1 Приближенный расчет валов привода главного движения	76
	5.2 Указания по расчету шпиндельного вала	78
	5.3. Расчет зубчатых передач на прочность	79
	5.4. Уточненный расчет вала на прочность	86
	Библиографический список	90
	ПРИЛОЖЕНИЯ	92
	ЗАДАНИЕ	104
	ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	105

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Одно из основных направлений современного развития станкостроения – создание многоцелевых станков (МЦС), комплексов, автоматических участков и линий, построенных по агрегатно-модульному принципу.

Агрегатирование – метод компоновки станка и автоматических линий из ряда унифицированных и нормализованных деталей и узлов, имеющих определенное назначение и обладающих геометрической и функциональной взаимозаменяемостью и возможностью работы от автономных электродвигателей.

Создание вариантных конструкций на одной базе, которые могут быть установлены в зависимости от запросов потребителя, расширяет область применения станка, повышает его **конкурентоспособность** /1/.

1 ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ СТАНКОВ

Расчет и конструирование отдельных узлов и элементов станка подчиняются общей задаче, выраженной в техническом задании на вновь создаваемый станок. В нем определены характеристики и выходные параметры станка, которые должны быть обеспечены /2/.

1.1 Факторы, определяющие технический уровень конструкции

Несмотря на то, что в станкостроении накоплен большой опыт по созданию разнообразных конструкций, положительно зарекомендовавших себя на практике, все время идет напряженная творческая работа как по разработке новых конструкций, так и по дальнейшему совершенствованию существующих. При этом основные решения принимают на стадии технического задания, технического предложения или эскизного проекта.

Новые решения позволяют либо создать конструкцию с более высокими технико-экономическими показателями (меньшие стоимость, масса, габаритные размеры, лучшая технологичность, удобство обслуживания), либо получить более высокие характеристики конструкции или дополнительные преимущества (большие надежность, точность, производительность, технологические возможности и др.) и обеспечить этим конкурентоспособность станка.

При разработке новых конструкций узлов может быть предложено несколько решений, каждое из которых имеет те или иные преимущества и недостатки. Генерирование вариантов (что особенно эффективно при применении методов автоматизированного проектирования с использованием ЭВМ) и выбор оптимального решения осуществляются на основе учета большого числа факторов, отражающих широкий диапазон требований к конструкции и специфику методов проектирования и расчета.

В таблице 1.1 приведены основные факторы, которые нужно учитывать при разработке новой конструкции любого узла, выполняющего заданные функции и формирующего характеристики и параметры всего станка /3/.

В соответствии с этой таблицей рассмотрим те задачи, которые решают на каждом этапе проектирования узла или механизма станка исходя из заданных требований к станку в целом.

1. По установленным для всего станка техническим требованиям определяют те, которые относятся к разрабатываемому узлу и являются для него исходными характеристиками, которые должны быть обеспечены. В ряде случаев технические параметры станка выступают в качестве конструктивных и критериальных ограничений при выборе конструктивного варианта узла. Например, габаритные размеры и общая компоновка станка определяют наибольшие допустимые размеры узла, требуемая точность и соответствующие нагрузки, передаваемые механизмами, ограничивают их минимальные размеры из условия прочности к жесткости и др.

Таблица 1.1

Факторы, учитываемые при проектировании узла станка

Фактор	Содержание	Этап
1. Технические данные станка	Габаритные размеры, скорость и подача, мощность	Выбирают характеристики, относящиеся к узлу
2. Заданные характеристики и выходные параметры станка	Точность движения формообразующих узлов, производительность, надежность, КПД, технологические воз-	Оценивается доля участия узла в формировании характеристик станка
3. Характеристики и выходные параметры узла	Габаритные размеры, точность, передаваемые нагрузки, скорость перемещения	Устанавливаются значения основных характеристик узла, обеспечивающих требования
4. Критерии работоспособности станка	Геометрическая точность, жесткость, вибростойкость, теплостойкость, износостойкость, прочность	Оценивается роль каждого критерия в обеспечении работоспособности узла
5. Требования стандартов и нормативно-технической документации	Размеры, нормы точности, жесткости, уровень шума, стандартные и нормализованные детали и узлы	Проверяются требования стандартов, оценивается целесообразность принятия стандартных решений
6. Технико-экономические показатели	Стоимость, технологичность, масса, удобство обслуживания	Эти данные используют как основные критерии при сравнении возможных вариантов конструкции

7. Совершенство методов расчета	Эмпирические данные, аналитические расчеты, программы	Оценивают возможность генерации различных решений и выбора оптимального варианта
8. Характеристика существующих конструкций	Данные и характеристики лучших конструкций аналогичного назначения	Сравнение разрабатываемого варианта конструкции с существующими

2. Значения технических характеристик (производительность, надежность, КПД, уровень шума, диапазон регулирования и др.) и выходные параметры по показателю точности, установленные для всего станка, являются исходными для формирования аналогичных требований к данному узлу. Это связано с оценкой той роли, которую играет данный узел в формировании показателя, относящегося к станку в целом. Для выходных параметров точности рассчитывают составляющие погрешности обработки и оценивают ту долю, которая приходится на данный узел. Например, конусообразность поверхности, обработанной на токарном станке, зависит от точности движения суппорта по направляющим, от смещения оси шпинделя в результате теплового деформирования, от изношенности резца и других факторов. Поэтому допустимые значения погрешностей по показателям точности для отдельных узлов всегда более строгие, чем для станка в целом.

Аналогично рассчитывают долю участия данного узла в балансе времени, необходимого на обработку, для оценки требуемой производительности, определяют потери мощности в узле при расчете КПД станка и другие необходимые данные.

3. Вышеуказанные расчеты позволяют установить численные характеристики узла с учетом конструктивных особенностей, габаритных размеров и расположения узла, передаваемых нагрузок, скоростей и других факторов. Если установленные характеристики узла будут обеспечены, то это должно давать гарантию обеспечения и требований к станку в целом, как правило, с некоторым запасом на неучтенные факторы и на возможность приближенных оценок по доли участия данного узла в формировании характеристик станка.

4. Далее рассчитывают отдельные элементы конструкции и узла в целом для выбора таких размеров, конструктивных форм и материалов, которые позволяют с наилучшими технико-экономическими показателями обеспечить заданные технические характеристики. Для этого в первую очередь

оценивают влияние начальной геометрической точности, жесткости, виброустойчивости, стойкости к тепловым деформациям, износостойкости на выходные параметры узла.

5. При формировании конструкции узла должны быть учтены все требования стандартов и нормативно-технической документации (НТД), относящиеся к станку данного типа и класса точности. Однако это необходимые, но не всегда достаточные требования. На этом этапе также анализируют целесообразность установления дополнительных требований или ужесточения существующих нормативов для достижения поставленных целей с учетом требований заказчика (потребителя).

6. Обеспечить требуемые параметры можно, применяя, как правило, различные конструктивные решения. Критерием для выбора оптимального варианта являются технико-экономические показатели и в первую очередь затраты на разработку и производство новой модели станка.

7. Генерирование различных решений при проектировании данного узла с учетом конструктивных и критериальных ограничений наиболее эффективно осуществляется при автоматизированных расчетах, которые дают новые возможности производить большое число расчетов с широкой вариацией значений входных параметров. Важное значение при этом имеет совершенство расчетных методов и наличие банка данных, содержащего справочные данные, данные по аналогам, требования нормативно-технической документации, типовые решения и другие необходимые сведения.

8. При окончательном выборе варианта и на всех стадиях разработки новой конструкции узла, начиная с формирования концепции его построения, сравнивают его с лучшими образцами существующих аналогичных конструкций. Создавать новый вариант узла имеет смысл лишь в том случае, если выявлены его существенные преимущества и высокая конкурентоспособность.

Стремление создать конкурентоспособную конструкцию, обладающую более совершенными характеристиками, заставляет разработчиков искать новые конструктивные решения, непрерывно повышать качество создаваемых изделий.

Разработка дополнительных узлов, которые могут быть установлены на станке, расширяя или изменяя его технологические возможности, увеличивает приспособляемость станка к разнообразным запросам производства. Так, во многих конструкциях современных станков предусмотрена возможность дополнительно устанавливать револьверную головку (иногда две), до-

полнительные суппорты, вторую шпиндельную бабку, механизмы загрузки, конвейеры для удаления стружки, а также иметь измерительную позицию.

Это направление является развитием широко применяющегося метода оснащения станка различными технологическими приспособлениями по запросам потребителя. Теперь эта идея распространяется и на узлы самого станка (Рис.1.2).

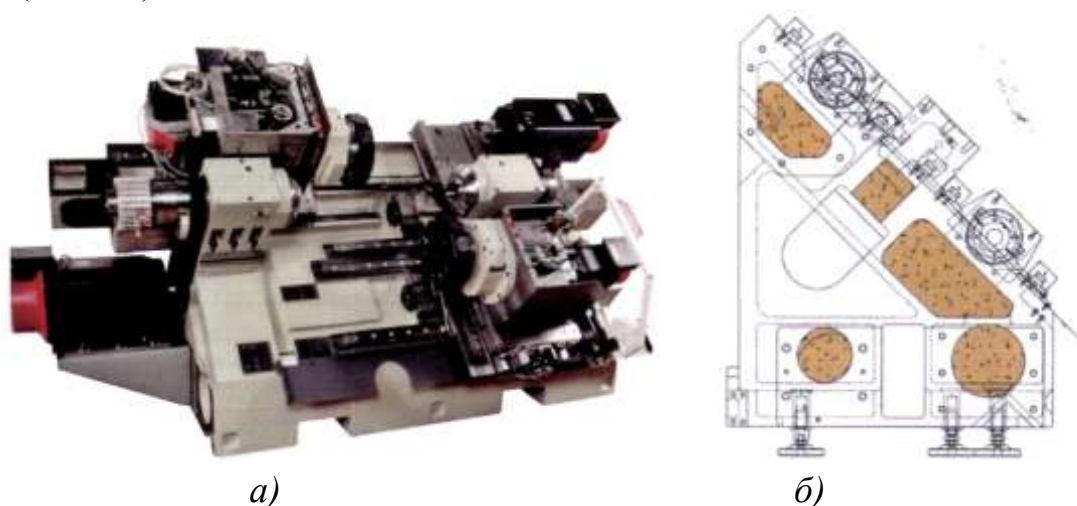


Рисунок 1.2 – Компоновка станка

а) общий вид станка; *б)* сборочный чертеж станка - вид слева

В качестве примера на рис. 1.3 показаны варианты расширения и изменения технологических возможностей одношпиндельного токарного автомата с ЧПУ, предназначенного для центровых и патронных работ (совместная разработка завода «Красный пролетарий» и фирмы EMAG, Германия). В базовом варианте (рис. 1.3, а) станок имеет верхний револьверный суппорт и заднюю бабку/3/. Для расширения технологических возможностей может быть установлен также нижний револьверный суппорт (рис. 1.3, б), который при обработке движется в противоположную от движения верхнего суппорта сторону, что уменьшает нагрузки на станок. При обработке в патроне применяют два суппорта без задней бабки (рис. 1.3, в). При обработке длинных валов вместо нижнего суппорта может быть установлен люнет (рис. 1.3, г) или суппорт (рис. 1.3, д) иного исполнения, чем в вариантах, показанных на рис.1.3,б и в. Применение дополнительных узлов, расширяющих технологические возможности базовой модели станка, осуществляется, как правило, на основе агрегатно-модульного принципа проектирования. Агрегатно-модульный принцип проектирования узлов станка

раз-

личного назначения является наиболее общим, отражающим прогрессивную тенденцию компоновки станка из узлов, оформленных в самостоятельные конструктивные единицы.

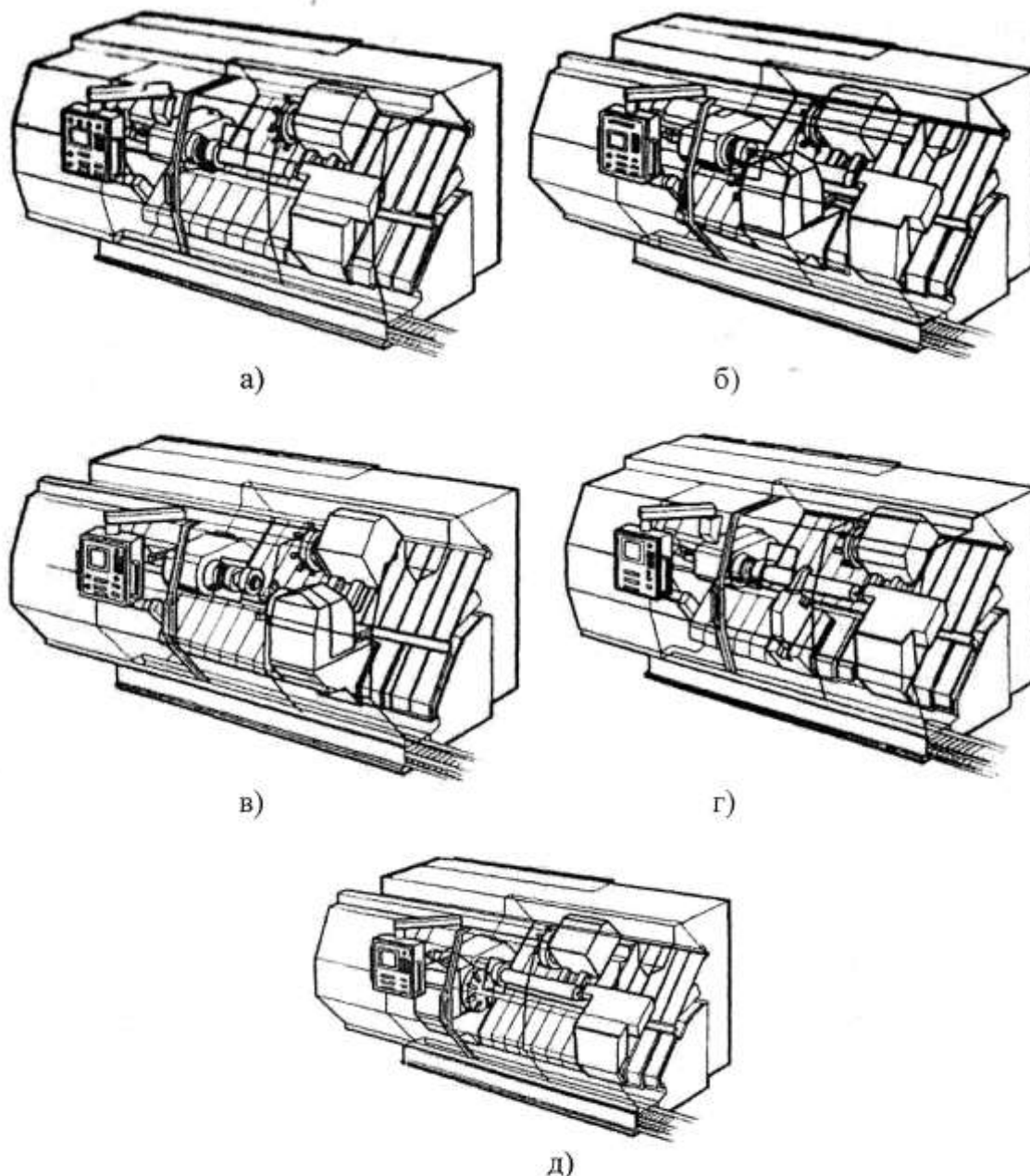


Рис. 1.3. Варианты оснащения одношпиндельного токарного автомата с ЧПУ различными узлами для расширения и изменения его технологических возможностей

В этом случае узел имеет, как правило, автономный привод и может быть выполнен в нескольких вариантах с различными функциями или различной точности (Рис.1.4).

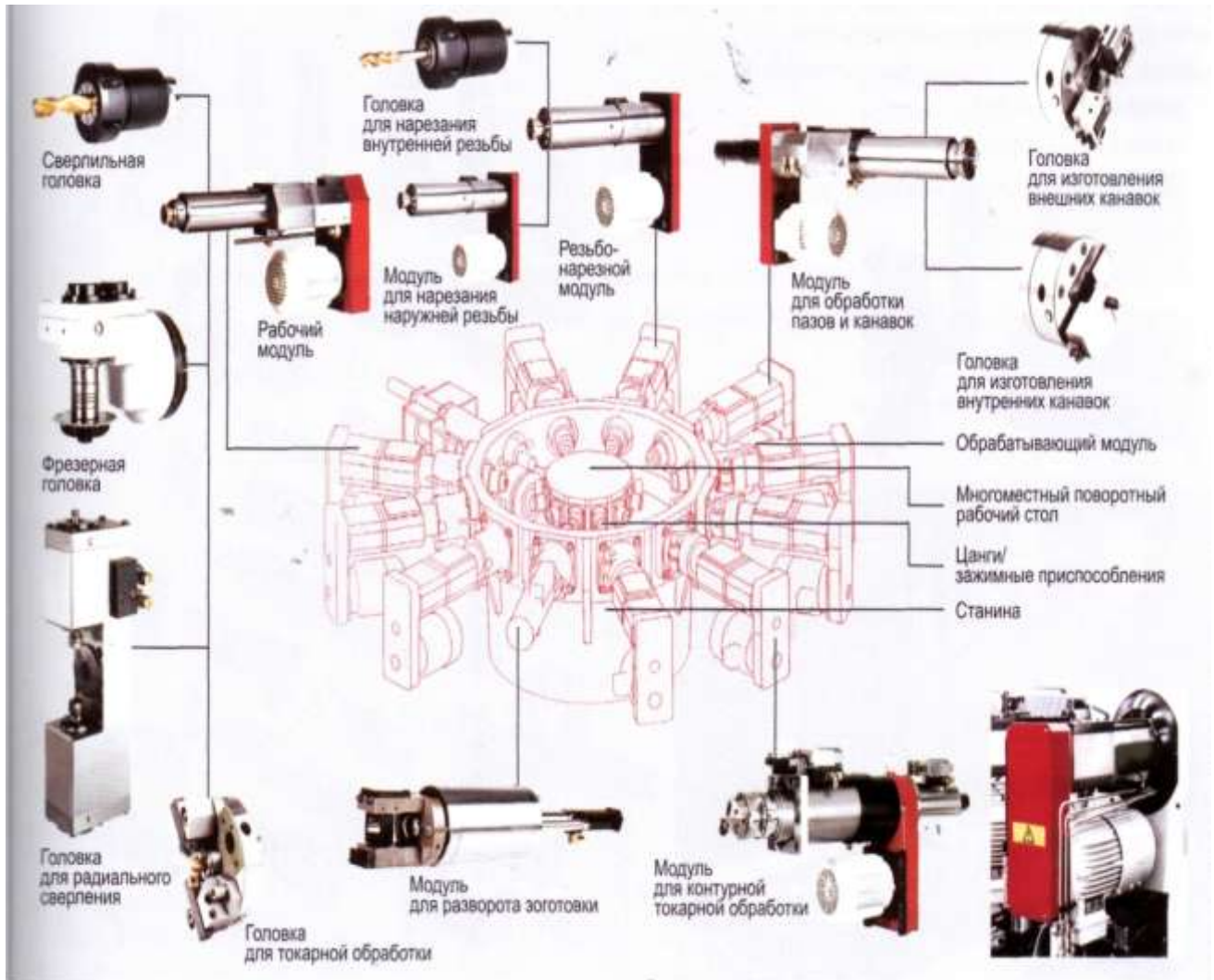


Рисунок 1.4 – Варианты комплектации узлов станка

Этот принцип компоновки станка позволяет не только мобильно изменять назначение и даже конструкцию всего станка, но и совершенствовать или изменять конструкцию отдельного узла, не затрагивая конструкцию станка в целом, сохраняя лишь требования присоединительных и габаритных размеров.

1.2 Компьютерные технологии проектирования узлов многооперационного станка

Компьютерная технология призвана не автоматизировать традиционно существующие технологические звенья, так как это обычно не дает какого-либо эффекта, за исключением некоторого изменения условий труда, а принципиально изменить саму технологию проектирования и производства изделий. Только в этом случае можно ожидать существенного сокращения

сроков создания изделий, снижения затрат на весь жизненный цикл изделия, повышения качества изделий /4/.

Применительно к созданию сложных наукоемких систем машиностроения, таких как металлорежущие станки, в основе организации компьютерной технологии лежит создание полного электронного макета изделия, так как именно создание трехмерных электронных моделей, адекватных реально проектируемому изделию, открывает колоссальные возможности для создания более качественной продукции в более сжатые сроки. В процессе создания многооперационного станка все участвующие в параллельном проектировании создают электронные модели деталей, узлов, агрегатов, систем и всего изделия в целом/5/.

При этом необходимо одновременно решать задачи концептуального проектирования, всевозможных видов инженерного анализа, а также компоновки станка. До окончания разработки нового изделия информацию следует использовать для технологической подготовки производства.

Для реализации компьютерной технологии проектирования и производства многооперационного станка применяются системы автоматизированного проектирования, инженерного анализа и технологической подготовки производства (CAD/CAE/CAM) высшего уровня, в частности CAD-система КОМПАС 3D V10 с использованием конструкторских библиотек Shaft 2D. Конструкторская библиотека *КОМПАС-SHAFT 2D* предназначена для параметрического проектирования следующих деталей: валов и втулок, цилиндрических и конических шестерен; червячных колес и червяков; звездочек цепных передач; центровые отверстия. На простых ступенях модели могут быть смоделированы шлицевые, резьбовые и шпоночные участки, а также другие конструктивные элементы - канавки, проточки, пазы, лыски и т. д. Сложность модели и количество ступеней не ограничены. Для цилиндрических участков внешнего и внутреннего контуров могут быть подобраны подшипники. Параметрические модели сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования средствами *КОМПАС-SHAFT 2D*. При создании и редактировании может быть изменен как порядок ступеней модели, так и их любой параметр. В процессе создания модели могут быть выполнены расчеты: элементов механических передач; валов и подшипников, смоделированных в *КОМПАС-SHAFT2D*; шлицев, являющихся конструктивным элементом модели *КОМПАС-SHAFT2D*.

Таким образом, КОМПАС –SHAFT2D позволяет значительно увеличить скорость проектирования деталей узлов многооперационных станков и выпуск конструкторской документации на них.

Рабочее пространство КОМПАС –SHAFT2D представлено на рис.1.6.

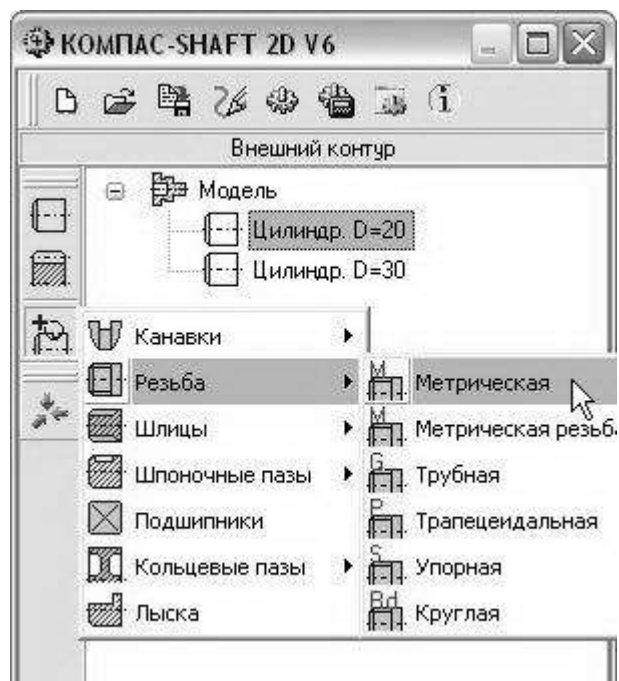
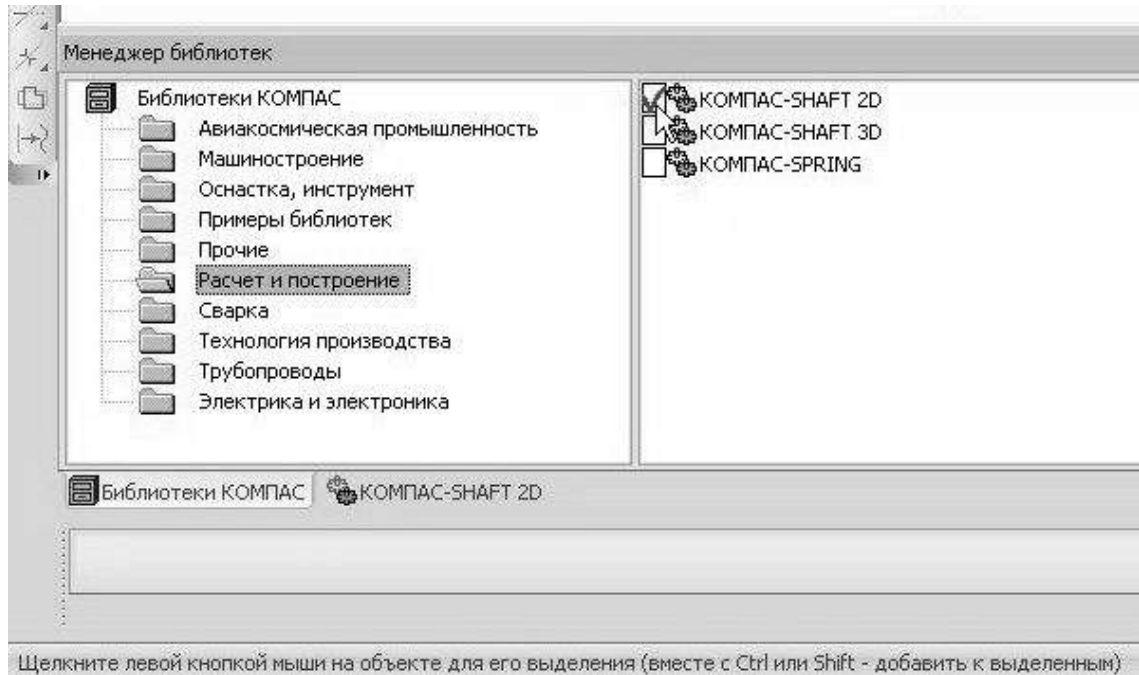


Рисунок 1.6 - Рабочее пространство КОМПАС-SHAFT

Преимущества у трехмерного моделирования перед другими способами визуализации довольно много. Оно позволяет создать точную модель, максимально приближенную к реальности (рис. 1.7).

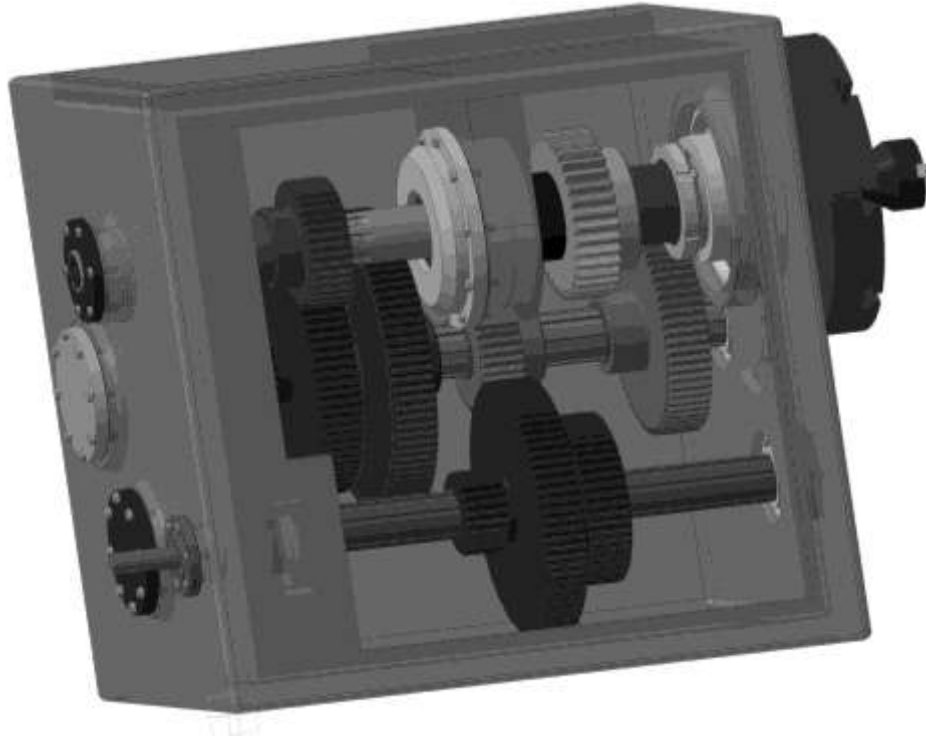


Рисунок 1.7 - 3D модель коробки скоростей станка

Трехмерная графика может быть любой сложности, можно создать простую трехмерную модель, с низкой детализацией и упрощенной формы. Или же это может быть более сложная модель, в которой присутствует проработка самых мелких деталей (рис. 1.8).

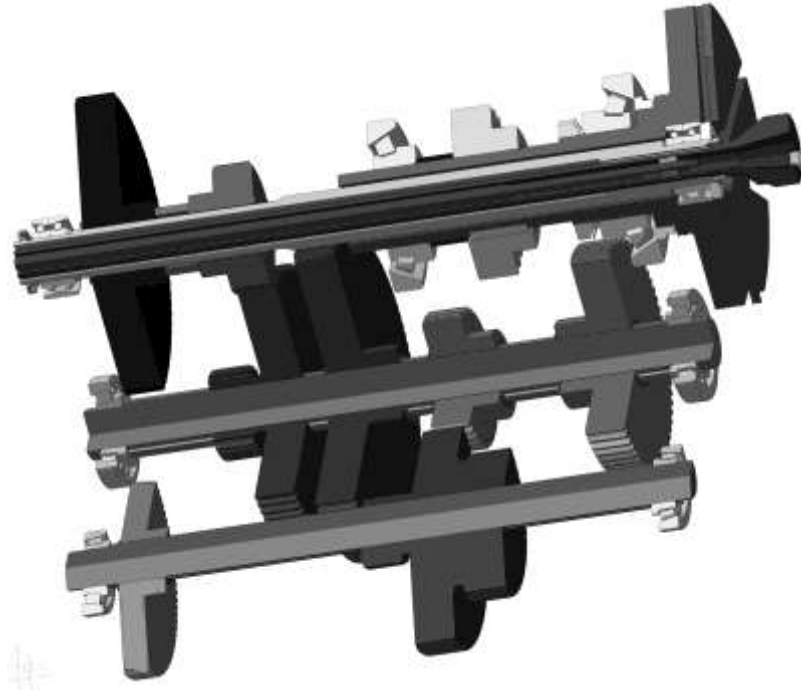


Рисунок 1.8 - 3D модель коробки скоростей станка в разрезе

Таким образом, используя преимущества 3D-моделирования при проектировании конструкций узлов многооперационного станка:

1. Обеспечен наглядный способ визуализации проектируемого объекта, что позволило снизить вероятность ошибок примерно на 30%, так как проводилась проверка объектов сборки на пересекаемость. С помощью анимации проведены кинематические исследования движущихся механизмов.

2. **Общее время проектирования снизилось на 25%, благодаря использованию** прикладных программ САПР, таких как прочностные расчеты, трехмерная информация о проектируемом объекте. 3D-моделирование обеспечило непосредственную интеграцию со многими приложениями, например, CosmosWorks пакета SolidWorks, а также избежать лишних операций по подготовке данных расчетного и графического характера.

3. Спроектированный объект сохраняется в библиотеке проектирования, что позволит с большей скоростью и качеством производить его модификации под влиянием меняющихся рыночных запросов.

1.3 Многооперационные станки

Многооперационные станки представляют собой комплексные автоматические системы по обработке сложных деталей, управляемые

устройствами ЧПУ. Их еще называют многоцелевыми станками (МЦС), обрабатывающими центрами (ОЦ).

По сравнению с традиционными станками с ЧПУ группы многооперационных станков отличаются высоким уровнем автоматизации цикла обработки за счет устройств ЧПУ и оснащения системами автоматической смены инструментов и заготовок.

1.3.1 Классификация и типовые компоновки многооперационных станков

По назначению и по исполнению главного движения многооперационные станки можно разделить на три группы:

- токарно-сверлильные, токарно-сверлильно-фрезерные с главным движением – вращением обрабатываемой детали при компоновке, приближающейся к компоновке станков токарной группы (рис. 1.9, 1.10);

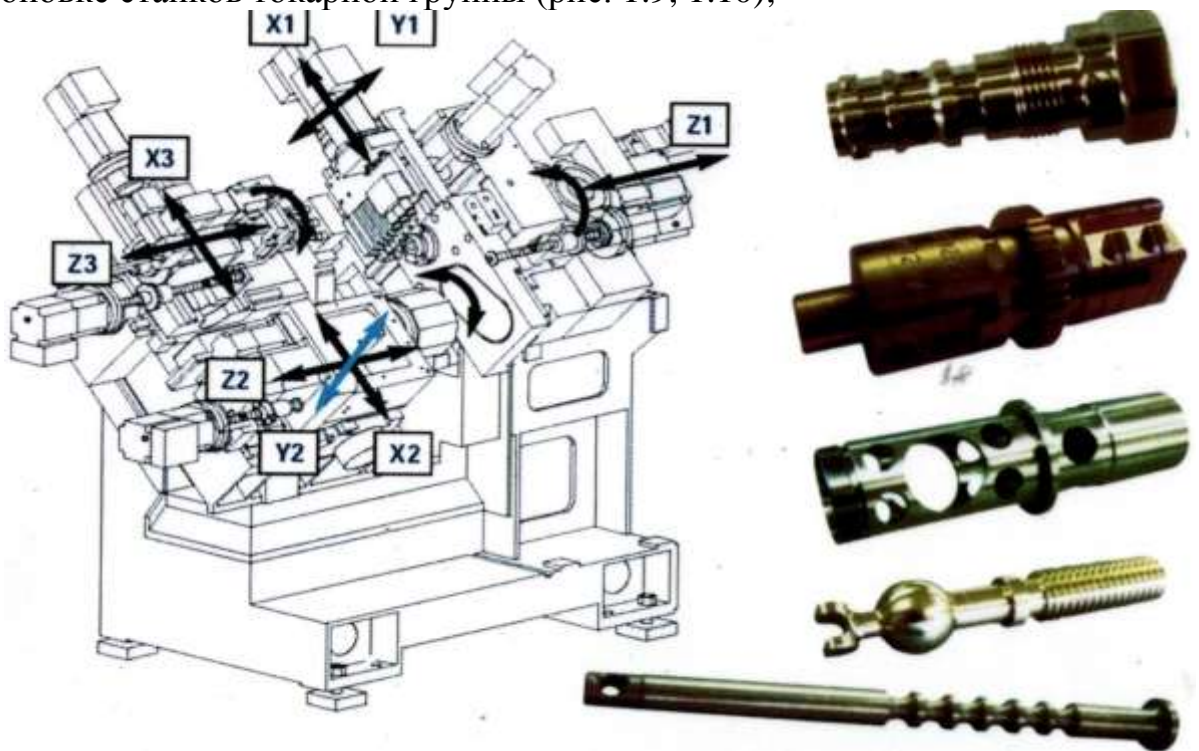


Рисунок 1.9 – Токарный обрабатывающий центр

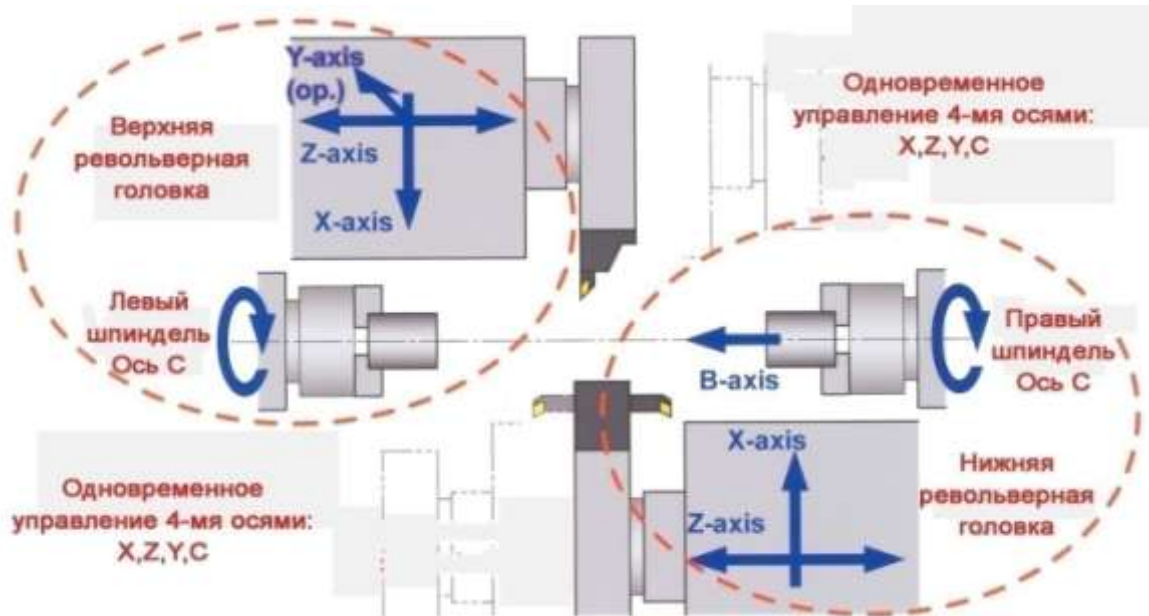


Рисунок 1.10 – Рабочая зона токарного многофункционального обрабатывающего центра с 8-тью одновременно управляемыми осями

- фрезерно-сверлильно-расточные с главным движением – вращением инструмента и компоновкой, аналогичной фрезерным (консольным, бесконсольным), сверлильным, горизонтально-расточным (рис. 1.11, 1.12);



Рисунок 1.11 - Станок вертикальный сверлильно-фрезерно-расточный с ЧПУ

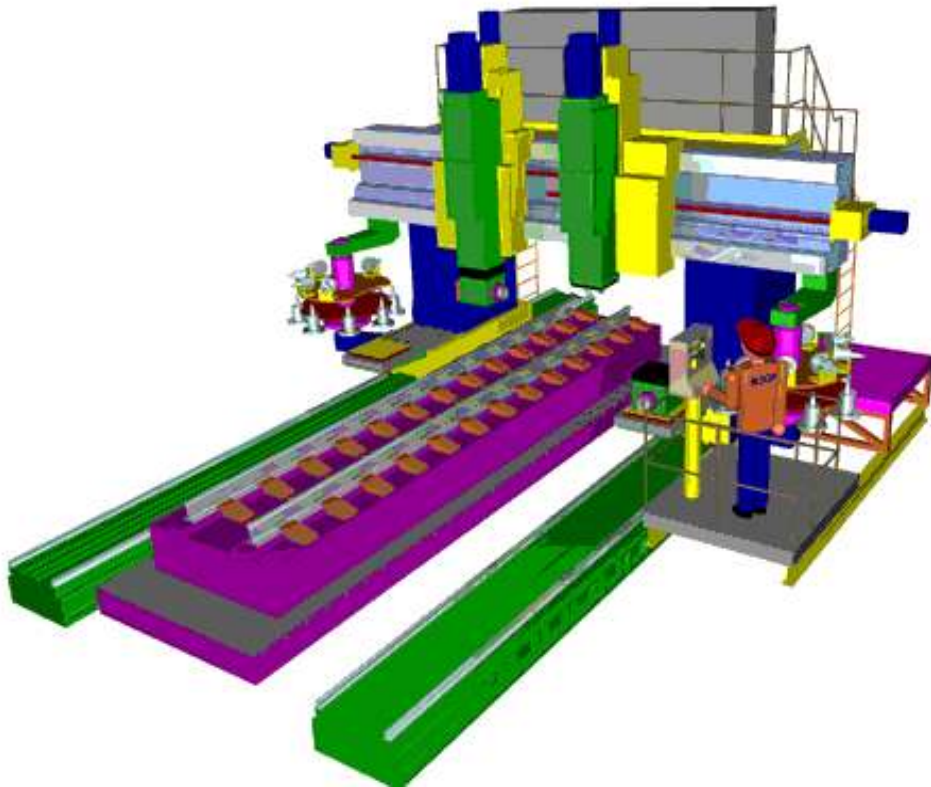


Рисунок 1.12 - Продольный фрезерно-расточной станок с ЧПУ
с подвижным порталом

- станки с широким использованием различных видов обработки (включая строгание) и совершенно оригинальной компоновкой узлов (Рис. 1.13).

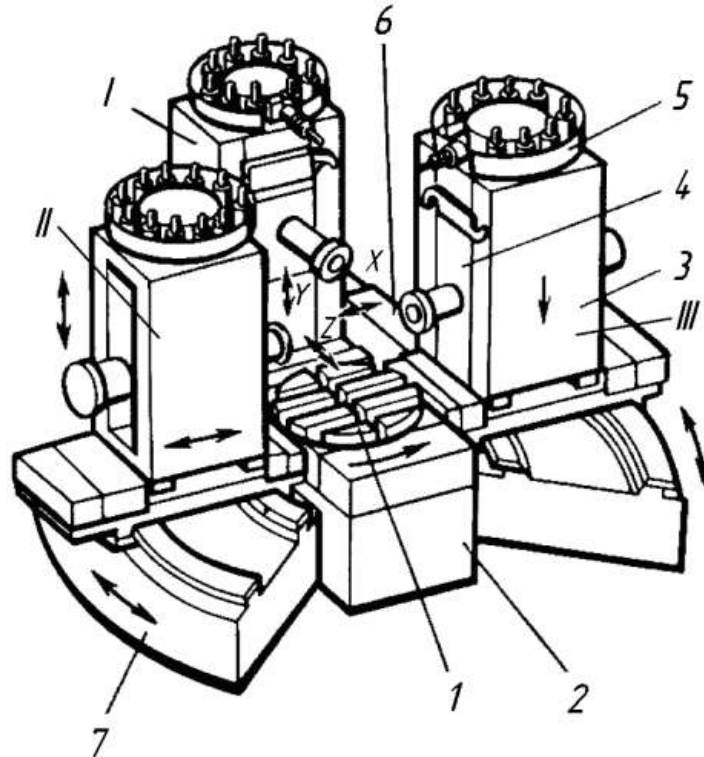


Рисунок 1.13 - Модульный многооперационный станок

1 – поворотный стол; *2* – станина поворотного стола; *3* – стойка; *4* – шпиндельный узел; *5* – инструментальный магазин; *6* – стол прямолинейного перемещения; *7* – станина стойки

1.3.2 Модульные многооперационные станки

Наибольший эффект от применения многооперационных станков достигается путем использования агрегатно-модульного принципа построения технологического и вспомогательного оборудования/6, 7/.

Модуль – это узел, который автономен конструктивно и функционально и может быть использован в устройствах различного назначения. Модульный принцип предусматривает применение в одной и той же системе нескольких повторяющихся узловых модулей или их частей, выполняющих самостоятельную функцию, например, инструментальных модулей, модулей перемещения заготовок и др. (Рис. 1.14).

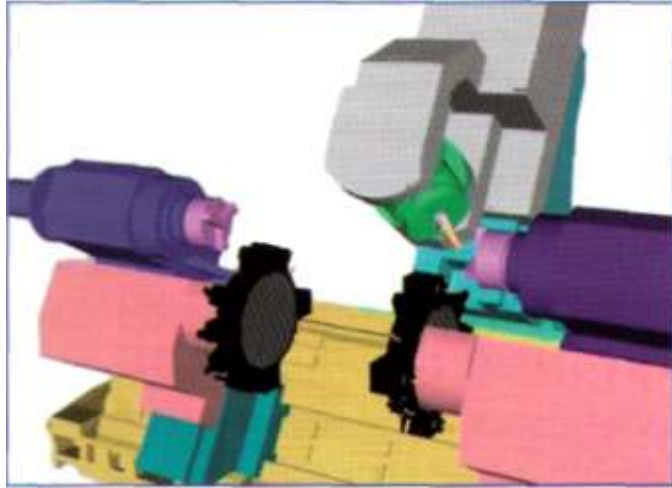
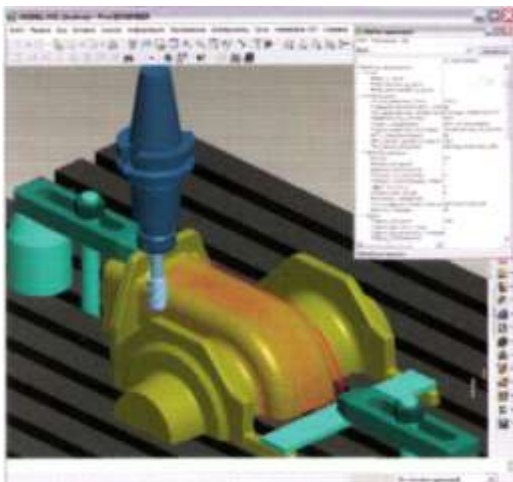


Рисунок 1.14 - Модульный принцип компоновки многооперационных станков

Принципиальное отличие этих станочных систем от предшественников заключается не только в том, что рабочий освобожден от рукояток переключения, смены заготовок и инструмента, от необходимости контроля настройки инструмента и других функций, т. е. это не просто автоматизированный вариант предшественников, а качественно новый станок, превращающий рабочего-станочника в наладчика.

Автоматизация функций управления предопределяет и качественно новые возможности этих станков: сложную контурную обработку (Рис.1.15) без брака сложных заготовок; преобразование практически неограниченного объема информации об обработке заготовки без участия человека. Последнее является принципиальным свойством МЦС и предопределяет дальнейшие пути развития этих станков с учетом передачи ЭВМ функций рабочего.



а



б

Рисунок 1.15 – Контурная обработка сложных деталей

a - имитация контурной обработки детали; *б* – обработка на МЦС

МЦС снабжены устройствами автоматической смены инструмента и устройством автоматической смены заготовки (Рис. 1.16). МЦС выпускают самых разнообразных компоновок с горизонтальным или вертикальным расположением шпинделя. Распределение движений между инструментом и заготовкой имеет несколько вариантов: все движения совершает инструмент; все движения (кроме вращения шпинделя) совершает стол с заготовкой; движения распределены в определенном сочетании между инструментом и заготовкой.

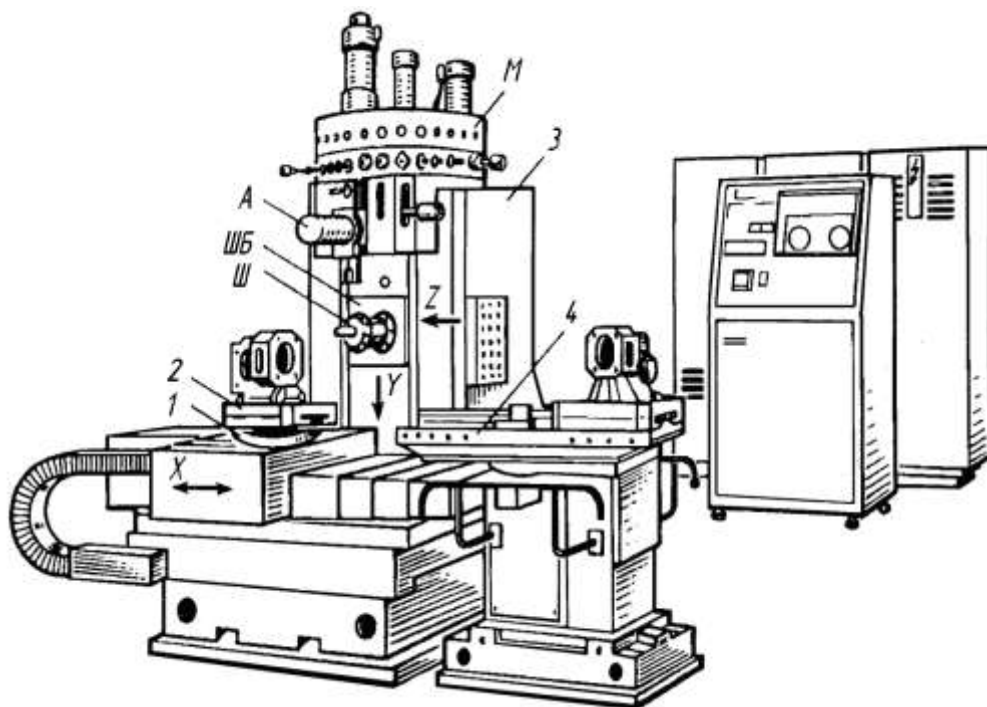


Рисунок 1.16 - Общий вид МЦС с горизонтальной осью вращения шпинделя
Ш – шпиндель; ШБ – шпиндельный блок; М – инструментальный магазин;
А – автооператор; 1- приспособление-спутник; 2 – деталь; 4 - стол-спутник

1.3.3 Устройства автоматической смены инструментов

Устройства автоматической смены инструментов (АСИ) являются одним из неотъемлемых средств автоматизации процесса обработки на многооперационных станках. АСИ позволяет сокращать вспомогательное время, связанное с заменой инструмента, а также автоматически производить замену затупившегося инструмента. В общем случае АСИ содержат накопители инструментов (многопозиционные резцедержатели, револьверные головки, инструментальные магазины); автооператоры (манипуляторы) с захватными устройствами для съема и установки инструмента в шпиндель

станка; транспортирующие и зажимные устройства, объединенные общей системой управления.

Помимо узловых модулей могут рассматриваться также станочные модули, имеющие автоматизированный накопитель приспособлений-спутников с обрабатываемыми заготовками, которые обеспечивают непрерывную автоматическую работу станка в течение нескольких часов.

Существенное преимущество станочного модуля – использование унифицированных и взаимозаменяемых столов-спутников в сочетании с универсально-сборочной оснасткой, что позволяет обрабатывать заготовки, отличающиеся как по форме, так и по размерам, и производить их установку и закрепление вне рабочей зоны станка и в процессе обработки. При этом отпадает необходимость в создании специальных зажимных приспособлений.

1.3.4 Основные преимущества агрегатно-модульного принципа построения МЦС

Таким образом, в настоящее время в МЦС применяют как станочные, так и узловые модули. Основные преимущества агрегатно-модульного принципа построения МЦС заключаются в следующем.

1. Агрегатно-модульный принцип повышает технологическую приспособляемость станка, т. е. дает возможность, исходя из требований технологического процесса обработки заготовки, создать в короткие сроки из ограниченного комплекта унифицированных узлов необходимое оборудование.

2. Повышается гибкость системы проектирования оборудования, так как для создания различных компоновок многократно используется различное сочетание одних и тех же узлов.

3. Облегчается централизованное изготовление узлов, комплектующих механизмов и деталей, что позволяет значительно увеличить количество выпускаемого оборудования.

4. Повышается надежность работы оборудования, так как оно создается из проверенных ранее в работе нормализованных узлов.

5. Улучшаются условия эксплуатации оборудования, его диагностики и ремонта.

Станочные модули применяют в единичном и серийном производстве, на долю которых приходится 75 % деталей, получаемых обработкой резанием. В то же время технические и экономические характеристики модулей позволяют использовать их и на предприятиях, имеющих крупносерийное и массовое производство.

1.3.5 Создание вариантных конструкций

Создание вариантных конструкций на одной базе, которые могут быть установлены в зависимости от запросов потребителя, расширяет область применения станка, повышает его **конкурентоспособность**.

В качестве примера на рис. 1.17 показаны возможности получения различных модификаций фрезерно-расточного многоцелевого станка, построенного по агрегатно-модульному принципу (фирма IКEGAI, Япония). Стойка со шпиндельной бабкой имеет перемещения по двум направлениям (по осям X и Z) в горизонтальной плоскости, а шпиндельная бабка — в вертикальном направлении (по оси Y). Привод главного движения бесступенчатый и осуществляется от стандартного или высокомоментного электродвигателя. Инструментальный магазин рассчитан на 20 или 30 инструментов. Наибольшее число вариантов конструкции предусмотрено для станины, по направляющим которой перемещается основание стойки и к которой присоединяют столы различной конструкции для установки на них обрабатываемых заготовок. Станины выполняют трех типов:

C — для присоединения второй части станины с поворотной или линейной системой подачи столов-спутников, превращающей станок в модуль гибкой производственной системы;

S — с установкой поворотных столов с горизонтальной или вертикальной осью, с управлением поворотом от системы ЧПУ; предусмотрен стол с двумя позициями;

L ~ с установкой плоских или специальных столов (в том числе с двумя рабочими позициями), которые дают дополнительные технологические возможности.

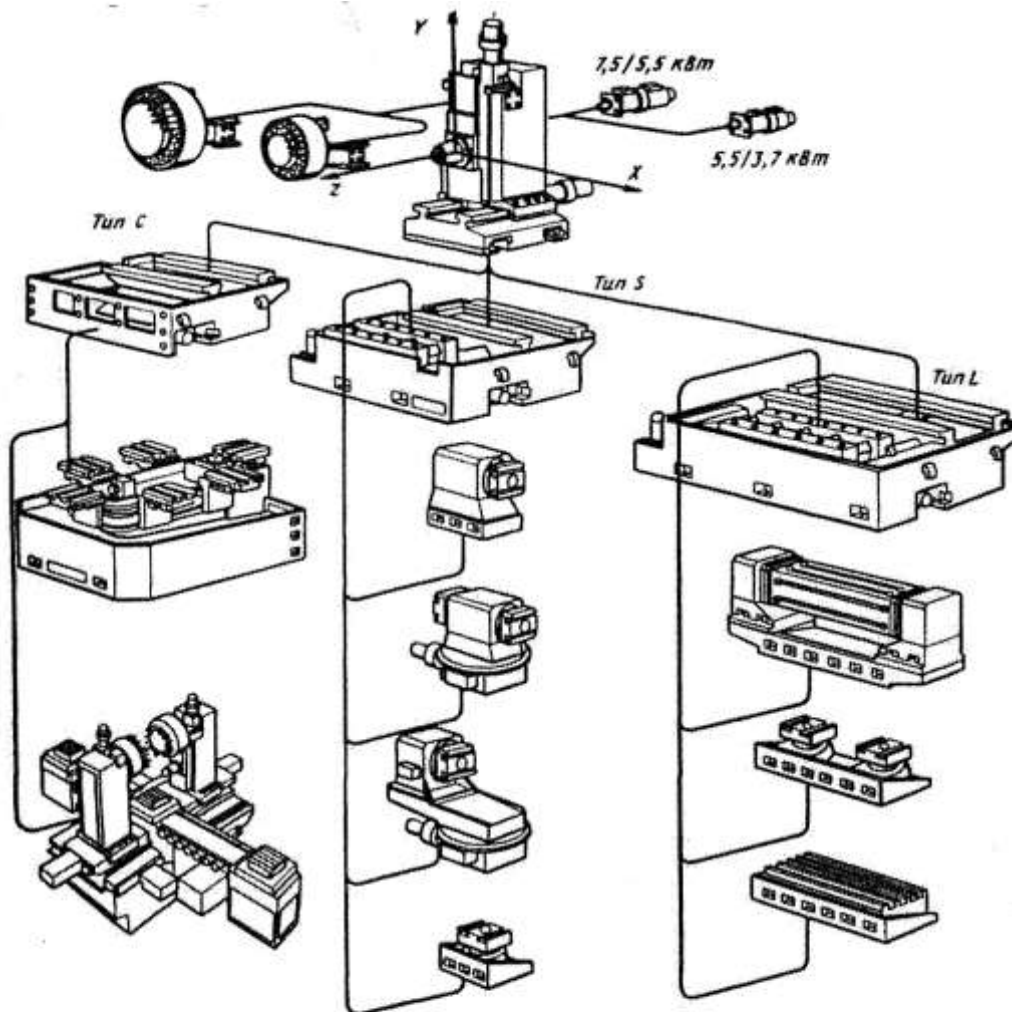


Рис. 1.4. Варианты целевых узлов станка при агрегатно-модульном принципе проектирования

Рисунок 1.17 – Различные модификации фрезерно-расточного многоцелевого станка, построенного по агрегатно-модульному принципу

1.3.5 Станки с параллельной кинематикой

Перспективным является создание и применение станков для металлообработки с параллельной кинематикой. Это дает возможность активного нелинейного адаптивного контроля по режимам обработки (подача, скорость, глубина резания) в разных видах (точение, сверление, фрезерование, шлифование и т.п.) и их комбинациях.

Основу контроля состояния и активного управления обрабатывающей системой составляют быстродействующие компьютерные комплексы со специальным программным обеспечением. Их использование решает принципиально новые задачи. В настоящее время компьютерные средства

применяются в информационно-управляющих системах для обслуживания операционной работы специализированных станков-автоматов, мощных многофункциональных обрабатывающих центров, гибких производственных линий. Вместо этого следует разрабатывать механические устройства, техническое оснащение, которые бы наилучшим образом отвечали по своей кинематике широким возможностям современной компьютерной техники со сверхмощным, исключительно гибким программным обеспечением. Таким образом, появляется возможность учитывать в технологии производства множество факторов, быстро реагировать с помощью гибких производственных модулей на разнообразные технические задачи и реальные технологические ситуации.

Исполнительные органы станков можно строить по следующим базовым кинематическим схемам – трипод, гексапод, гексаглайд. В этих случаях машина обеспечивает инструменту шесть степеней свободы движения. Инструмент и его крепление имеют небольшую массу и малые размеры, а потому система привода инструмента исключительно гибка и кинетически малоинерционна в движениях и обеспечивает нелинейный адаптивный контроль движений инструментальной головки.

В таких системах параметры обработки детали пооперационно уточняются в реальном времени, учитывая результаты, полученные на предшествующем технологическом этапе. Алгоритм системы, управляющей процессом, оперативно адаптируется к условиям обработки, гибко изменяя ее режимы. В компьютерной терминологии это определяется как замена части жесткой памяти в текущем режиме ее гибкой частью.

Для использования такого потенциала к новой концепции создания станков необходимо добавить к их схемам возможности самокалибровки инструментов, малоинерционного изменения скорости резания, подачи, полного контроля оперативного состояния системы «станок-инструмент-деталь» в любой момент рабочего цикла.

Использование новых типов технологической оснастки со многими степенями свободы перемещения инструмента и компьютеризированных систем позволит механообработке войти в состав перспективных «виртуальных и усиленных» технологий (virtual and augmented (VAR) technologies).

Такие технологии определяются как полностью отображающие действительность (virtual reality – VR), если они полно отвечают реально существующему общему окружению, которое отображено компьютерными средствами,

а потому пользователь полностью погружен в этот реально существующий мир.

Построенная на основании виртуального усиления реальности технология (VAR) воссоздает виртуальное окружение, которое может быть полезным на каждой стадии жизненного цикла изделия.

Технология VAR предоставляет пользователю (конструктору, технологу) возможность представить, как изделие последовательно формируется на каждой стадии изготовления (Рис. 1.18). Пользователь может на каждой стадии вмешиваться в процесс изготовления, чтобы сделать весь рабочий цикл изготовления продукции более эффективным.

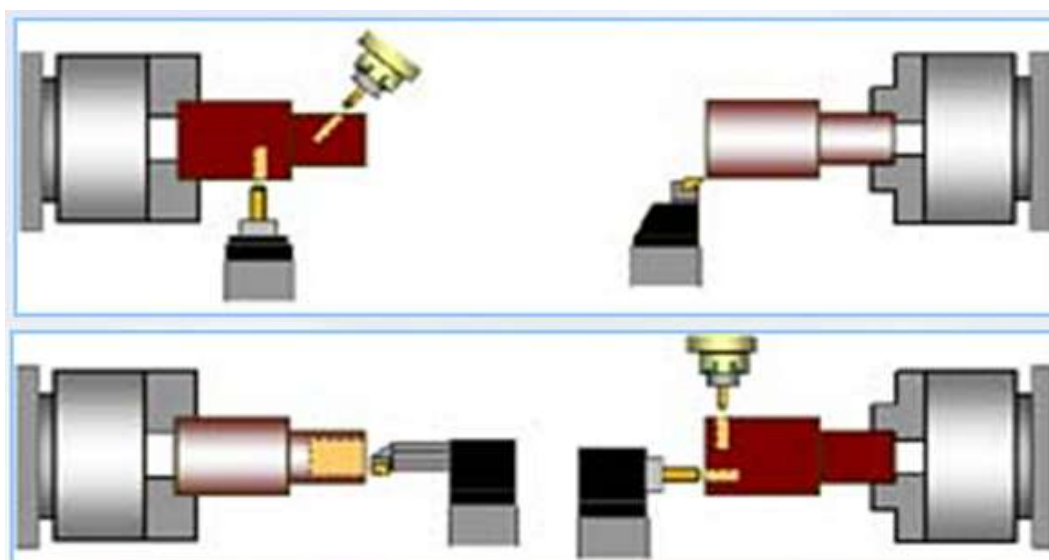


Рисунок 1.18 - Имитация обработки

Параметры процесса обработки корректируются на каждой технологической стадии. Контроль алгоритма изготовления адаптируется к условиям обработки, которые могут реально изменяться из-за изнашивания инструмента, отклонения по точности партии деталей, или других случайных явлений. Поэтому в технологии включаются операции контроля процесса, самокалибрования инструмента и соответствующих изменений режимов резания.

1.3.6 Примеры компоновок многоцелевых станков

Примеры компоновок многоцелевых станков показаны на рис. 1.19 – 1.22.

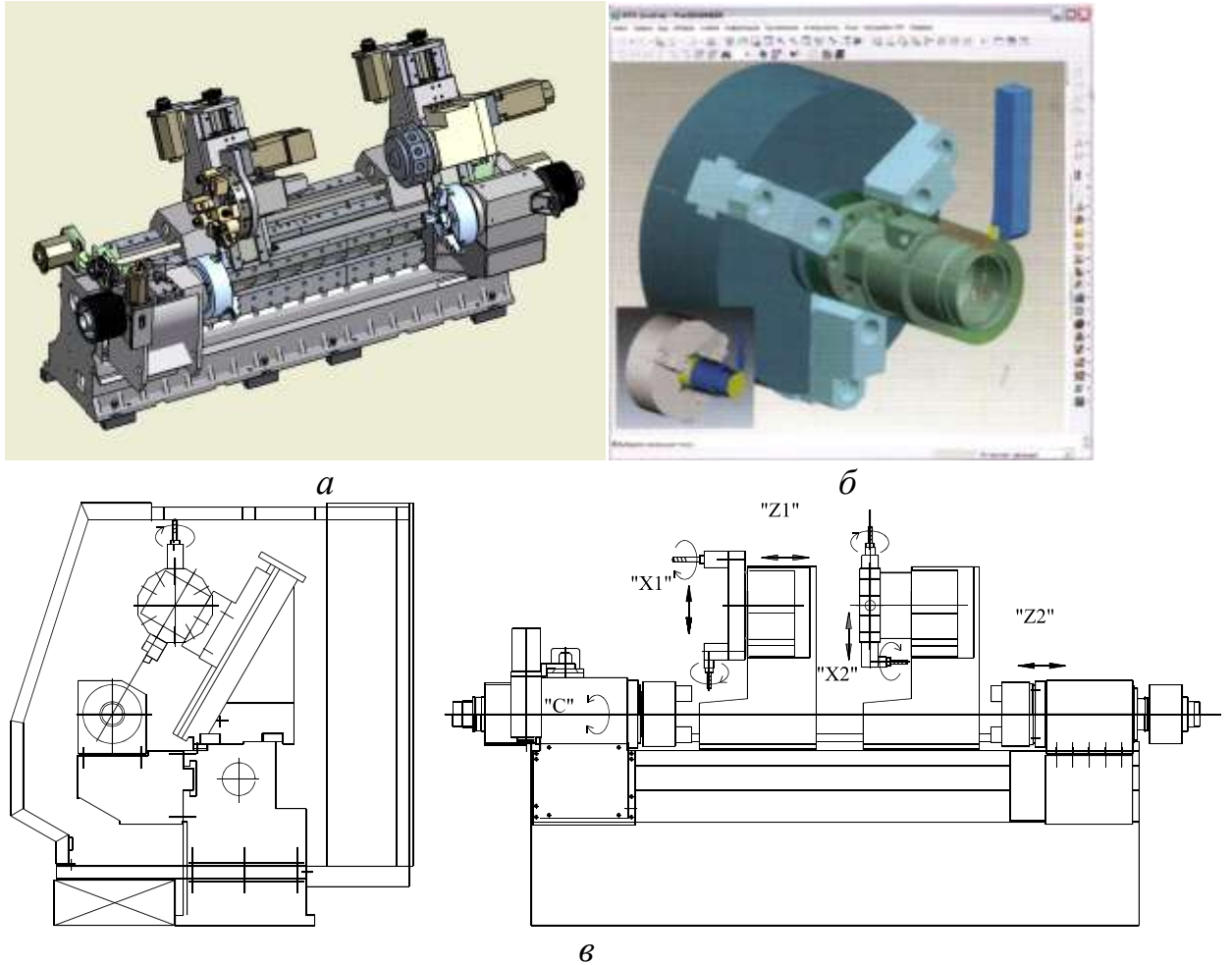


Рисунок 1.19 - Центр токарный с противошпинделем
a – модель; *б* – крепление заготовки в патроне; *в* – чертеж станка

Токарные станки с ЧПУ имеют две управляемые координаты. На поперечных салазках установлен либо резцедержатель (при смене инструмента из магазина), либо револьверная поворотная инструментальная головка (Рис. 1.20).

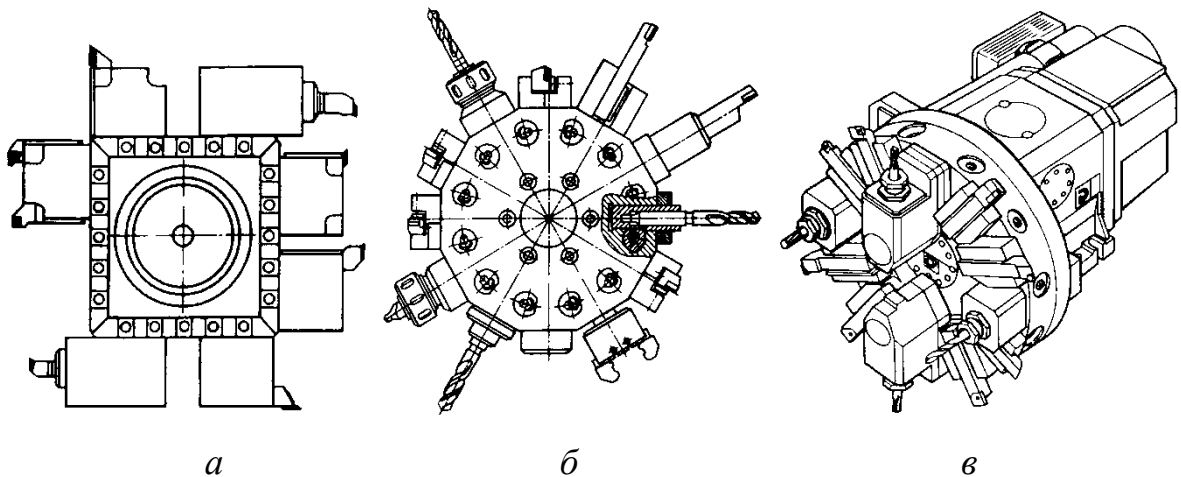


Рисунок 1.20 - Конструкции револьверных головок:

- a* – четырехпозиционная (типа поворотной резцедержавки);
- б* – позиционная звездообразная головка;
- в* – барабанная с горизонтальной осью вращения

Токарные станки работают, как правило, с контурными устройствами ЧПУ. По компоновке все токарные станки с ЧПУ можно разделить на две самостоятельные группы: станки, созданные на базе универсальных станков, и специализированные станки оригинальных компоновок (Рис. 1.21), предназначенные для обработки определенного класса заготовок. Станки первой группы мало отличаются от аналогичных универсальных станков и обычно имеют горизонтальные направляющие, а для специализированных станков чаще всего характерны оригинальная конструкция и направляющие, расположенные в вертикальной или наклонной плоскости.

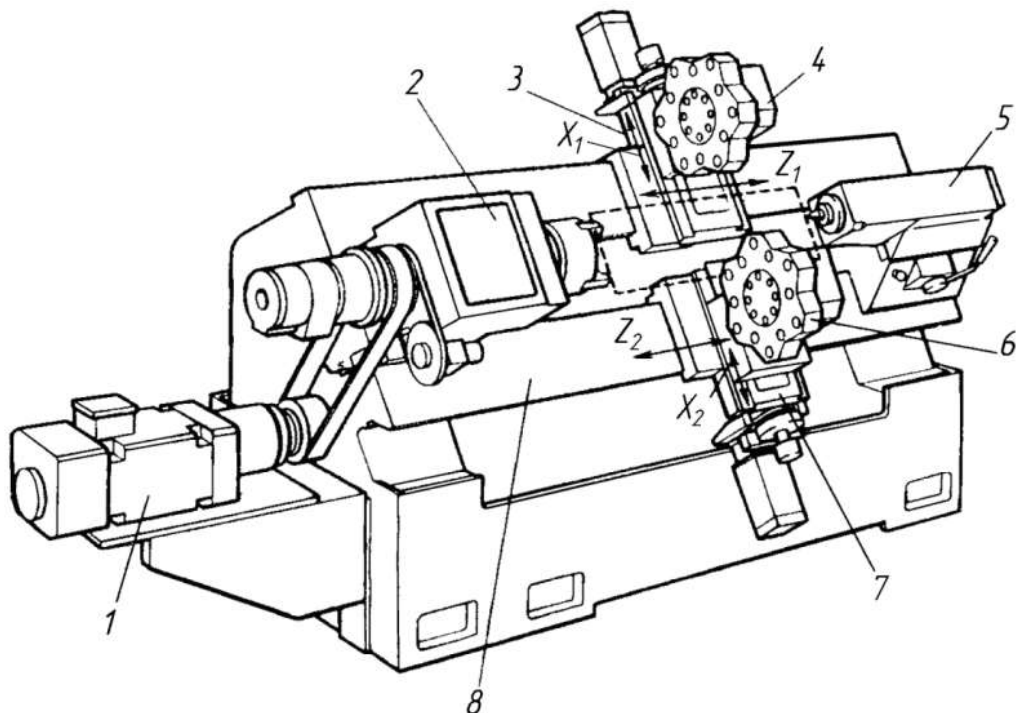


Рисунок 1.21 - Токарный центр с ЧПУ



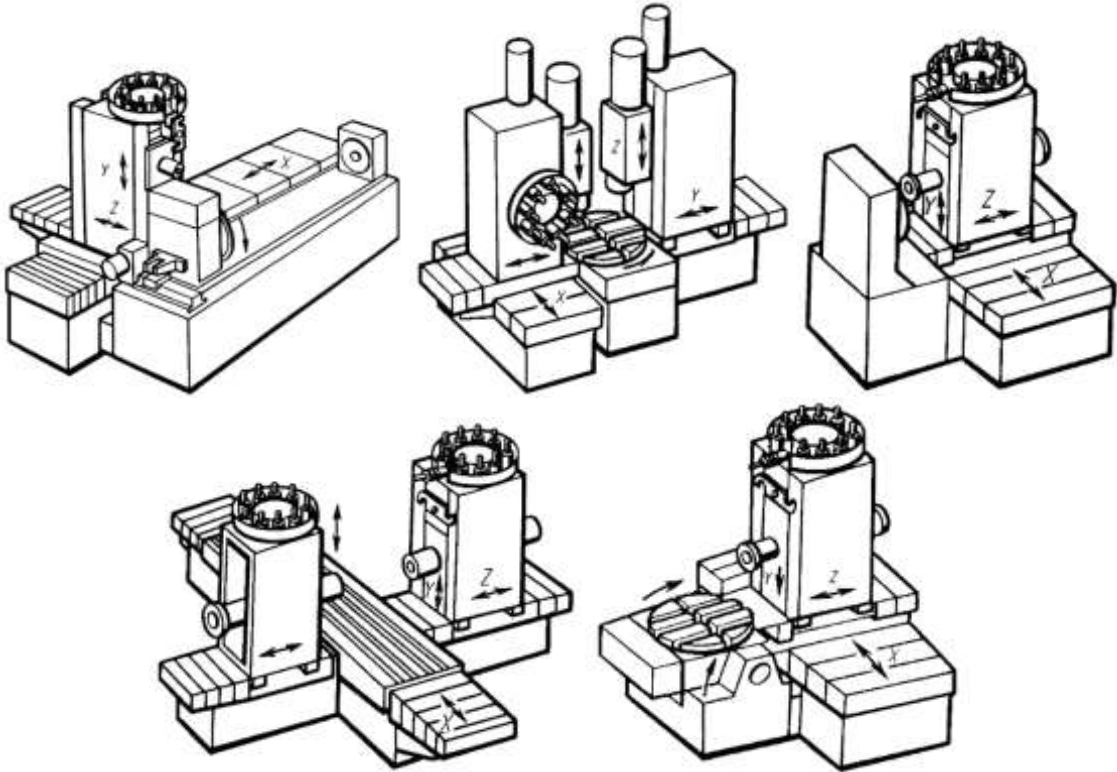


Рисунок 1.22 - Компоновки многооперационных агрегатных станков с ЧПУ

Контрольные вопросы

1. Какие конструктивные и технологические особенности имеют многооперационные станки?
2. Какие дополнительные операции можно выполнять на многооперационных станках токарной группы?
3. Как осуществляется крепление инструмента в шпинделях станков?
4. Расскажите о работе многооперационного токарного станка.
5. Расскажите о работе многооперационных станков для обработки корпусных и плоских деталей.
6. Для чего применяются устройства для автоматической смены инструмента?

2 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Данный раздел начинается с анализа способов образования поверхностей деталей, которые должны обрабатываться на проектируемом станке, анализа необходимых движений исполнительных органов, характеристик режущих инструментов и заготовок, а также способов их установки и закрепления. Аналоги или базовые варианты моделей станков выбираются, исходя из основных размеров станков, указанных в задании, а также по мощности приводов.

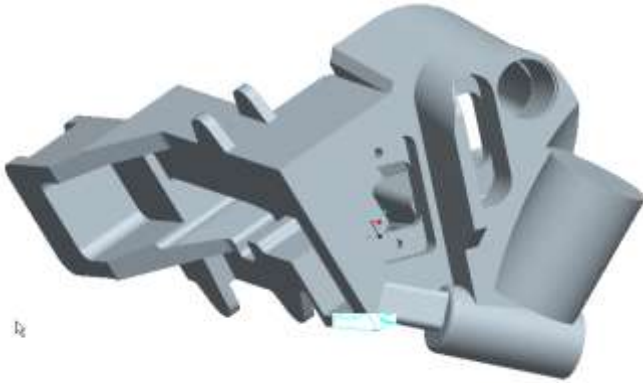
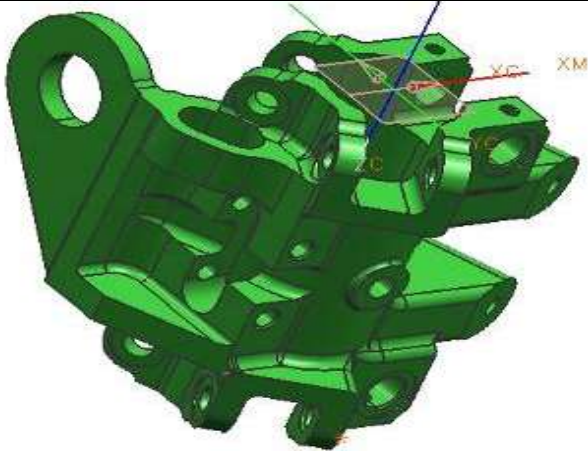
В процессе анализа необходимо выявить конструктивные решения, которые могут быть позаимствованы полностью или частично. Здесь же необходимо выявить достоинства и недостатки существующих конструкций станков, как в целом, так и отдельных его узлов, обратив внимание на кинематическую структуру приводов, системы управления, компоновку станков и т.д. При этом следует помнить, что оси инструментов и деталей могут располагаться горизонтально, вертикально и наклонно.

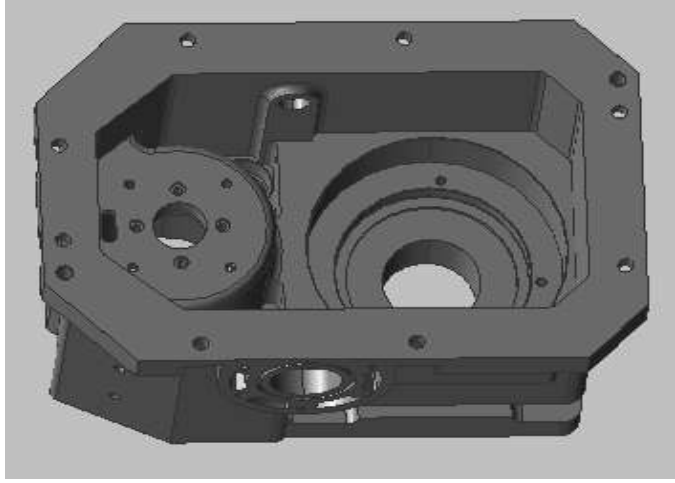
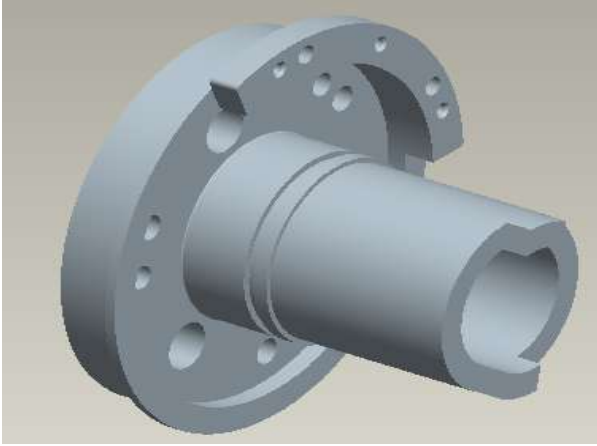
Конструкции отдельных узлов могут отличаться различными типами опор валов, шпинделей, способом их регулирования, подвижностью, или неподвижностью соединений, типа источника движения, системой смазки и т.д.

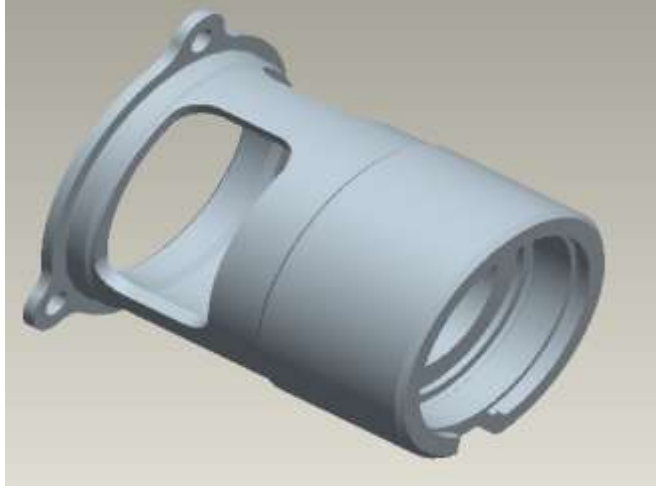

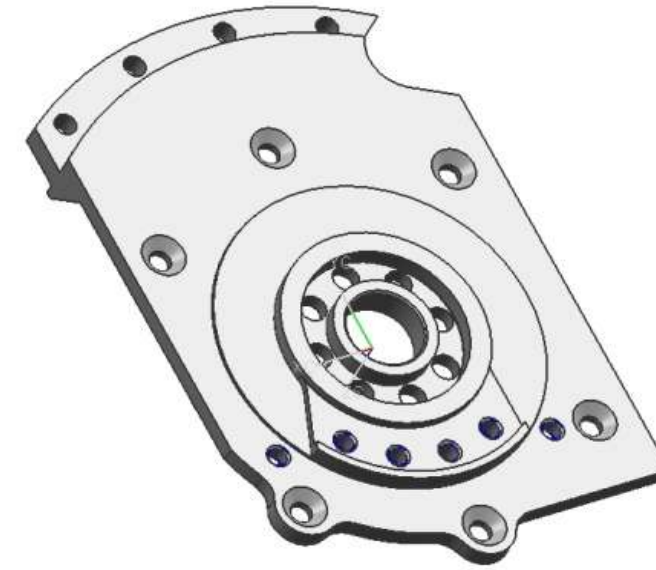
2.1 Анализ способов образования поверхностей деталей

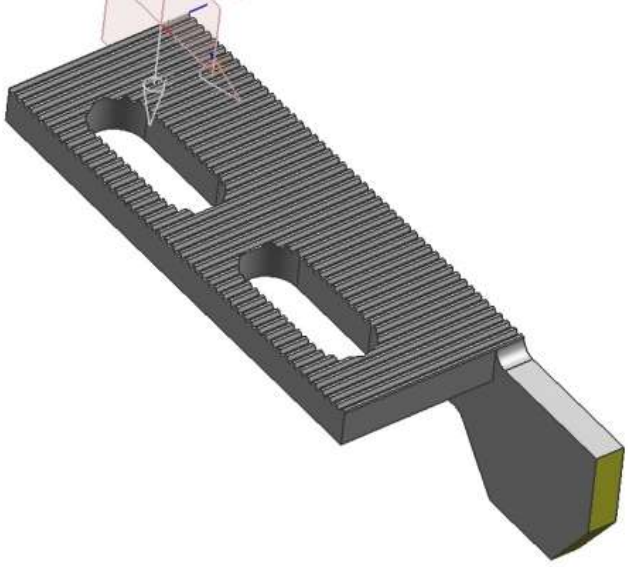

Способ обработки связан с режущим инструментом и оборудованием, на котором производится обработка поверхностей детали: токарные, сверлильно-расточные, шлифовальные, фрезерные, зубообрабатывающие и другие операции. Анализ способов образования поверхностей деталей проводится по созданным электронным моделям деталей или деталей-представителей группы деталей (Табл. 2.1).

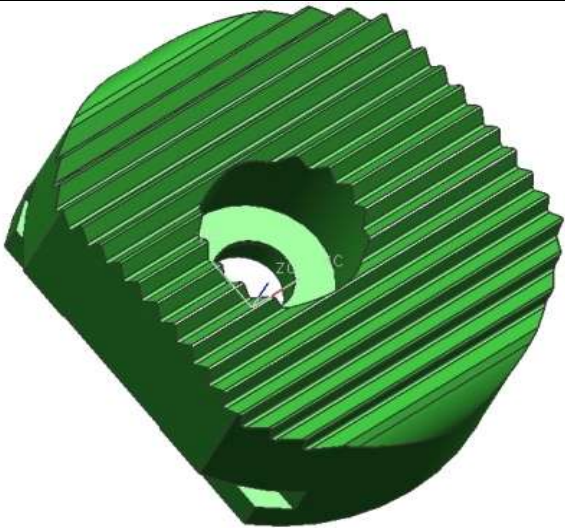
Электронные модели деталей

Название	Электронная модель	Способ получения поверхностей				
Рукоятка		№п/п	Операция			
				Габаритные размеры: 140x110x110 Материал: АК7	1	Заготовительная
					2	Фрезерная
					3	Координатная
					4	Слесарная
					5	Электроискровая
Каретка		№п/п	Операция			
				Габаритные размеры: 71x71x70 Материал: АМ-4	1	Заготовительная
					2	Токарная
					3	Фрезерная
					4	Координатная
					5	Слесарная
					6	Электроискровая

Корпус		№п/п	Операция		
	Габаритные размеры: 248x163x153 Материал: АК12			1	Токарная
				2	Фрезерная
				3	Координатная
				4	Многоцелевая
				5	Сверлильная
				6	Слесарная
Водило		№п/п	Операция		
	Габаритные размеры: Ø87x70 Материал: 35Л			1	Токарная
				2	Фрезерная
				3	Координатная
				4	Токарная с ЧПУ
				5	Многоцелевая
				6	Сверлильная
				7	Слесарная

Обойма		№п/п	Операция		
				1	Токарная
				2	Фрезерная
				3	Координатная
				4	Токарная с ЧПУ
				5	Многоцелевая
				6	Сверлильная
				7	Слесарная
Габаритные размеры: Ø62x62 Материал: 18ХГТ					
Вал		№п/п	Операция		
				1	Заготовительная
				2	Токарная
				3	Шлифовальная
				4	Фрезерная
				5	Слесарная
Габаритные размеры: Ø17x178 Материал: 40Х					
Крышка		№п/п	Операция		

	<p>Габаритные размеры: 118,5x79x15 Материал: АКЧ-1</p>	1	Заготовительная
		2	Токарная
		3	Фрезерная
		4	Координатная
		5	Слесарная
		6	Электроискровая
Упор		№п/п	Операция
	<p>Габаритные размеры: 43x12x13 Материал: 08X14H5</p>		
		2	Шлифовальная
		3	Фрезерная
		4	Слесарная
		5	Электроискровая
Кронштейн		№п/п	Операция
	<p>Габаритные размеры: 125x140x65 Материал: АЛ9-1</p>		
		2	Токарная
		3	Фрезерная
		4	Координатная
		5	Слесарная
		6	Электроискровая

Движок		№п/п	Операция		
				Габаритные размеры: 18x15x9.5 Материал: АКЧ-1	
				1	Заготовительная
				2	Токарная
				3	Фрезерная
				4	Координатная
				5	Слесарная
6	Электроискровая				

\

2.2 Аналоги или базовые варианты моделей станков

2.2.1 Вертикально-фрезерный 5-осевой обрабатывающий центр Kitamura Mytrunnion



Размер стола, мм	Ø630x500
Масса детали, кг	400
Максимальные перемещения по осям X / Y / Z, мм	815 / 780 / 500
Наклон стола, град	150 (-30 ÷ +120)
Поворот стола, град	360
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	20 000
Точность позиционирования по осям, мкм	± 1
Повторяемость, мкм	± 0,5
Точность наклона стола, град	0,001
Точность поворота стола, град	0,001
Размер внутреннего конуса шпинделя	MAS B140/CA140
Мощность привода главного движения, кВт	13
Емкость инструментального магазина	50
Электропитание	380 В, 50 кВА
Габариты станка (длина x ширина x высота), мм	2430 x 4600 x 3440
Масса станка, кг	17 400

2.2.2 Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр Kitamura Mycenter HX400iF



Размер стола, мм	400x400
Макс. размеры устанавливаемой детали, мм	610 x 960
Масса детали, кг	400
Расстояние от оси шпинделя до стола, мм	50 – 660
Расстояние от оси поворота стола до фланца шпинделя, мм	150 – 710
Максимальные перемещения по осям X / Y / Z, мм	660 / 610 / 560
Поворот стола	0,001-360
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мкм	± 3
Повторяемость, мкм	± 1
Размер внутреннего конуса шпинделя	MAS BT40/CAT40
Мощность привода главного движения, кВт	18,5
Скорость вращения шпинделя, об/мин	35–15 000
Ёмкость инструментального магазина	50
Время смены инструмента/цикл «от стружки до стружки», сек	1,0 /3,2
Количество паллет, шт.	2
Электропитание	380 В, 50 кВА
Габариты станка (длина x ширина x высота), мм	4580 x 2680 x 2940
Масса станка, кг	16 300

позволяют осуществлять установку детали на станке одновременно с обработкой детали, что значительно сокращает цикл изготовления деталей

2.2.3 Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр Kitamura Mycenter HX300iF



GibbsCAM Face Milling 3D Rotary Productec_1.avi



Размер стола, мм	305x305
Макс. размеры устанавливаемой детали, мм	Ø500 x 560
Масса детали, кг	250
Расстояние от оси шпинделя до стола, мм	40 – 550
Расстояние от оси поворота стола до фланца шпинделя, мм	100 – 590
Максимальные перемещения по осям X / Y / Z, мм	510 / 510 / 490
Поворот стола	0,001-360
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мкм	± 2
Повторяемость, мкм	± 1
Размер внутреннего конуса шпинделя	NST NO.40
Мощность привода главного движения, кВт	13
Скорость вращения шпинделя, об/мин	20–20 000
Ёмкость инструментального магазина	40
Количество паллет, шт.	2
Электропитание	220 В, 25 кВт
Габариты станка (длина x ширина x высота), мм	3492 x 2849 x 2940
Масса станка, кг	9 900

2.2.4 Вертикальный обрабатывающий центр HARDINGE VMC600II



Размеры стола: (длина x ширина), мм	750 x 510
Максимальная масса обрабатываемой заготовки, кг	700
Максимальные перемещения	
Продольное перемещение (по оси X), мм	600
Поперечное перемещение (по оси Y), мм	510
Вертикальное перемещение (по оси Z), мм	510
Максимальные рабочие подачи, м/мин	12
Скорости быстрых перемещений по осям: (X/Y/Z), м/мин	30/30/30
Мощность привода шпинделя, кВт	13
Тип конуса шпинделя (NST)	№40
Частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Инструмент	
Емкость инструментального магазина, шт.	20
Точность позиционирования: по осям (X/Y/Z), мкм	±5/±5/±5
Точность повторяемости операций, мкм	±2
Габариты станка: (длина × ширина × высота), мм	2260×2464×2576
Масса станка, кг	4619
Электропитание (3 фазы)	380В, 25кВА

2.2.5 Токарный станок с ЧПУ Hardinge Talent 8/52



Наибольший обрабатываемый диаметр	284 мм
Наибольший диаметр заготовки	457 мм
Наибольшая длина обработки по оси Z	406 мм
Отверстие в шпинделе	62 мм
Скорость вращения шпинделя	625 –5000 об/мин
Исполнение шпинделя	ANSI2-6”
Наибольшие перемещения по осям X; Z;	228 x 406 мм
Позиционирование по осям X; Z	0,005 мм
Повторяемость по осям X; Z	0,0025 мм
Количество инструмента в револьверной головке	12
Размеры крепления инструмента	20 x 20 / Ø32 мм
Время поворота револьверной головки	0,25 сек
Мощность привода шпинделя	11 кВт
Электропитание	380 В, 20 (30) кВт
Габариты станка (длина x ширина)	1998 x 1650 мм
Масса станка	2800 кг

2.2.6 Токарный обрабатывающий центр Nakamura-Tome WT-300MY



Размер устанавливаемого прутка, (мм)	65
Высота центров над направляющими, (мм)	270
Расстояние между шпинделями, (мм)	1100
Максимальный обрабатываемый диаметр, (мм)	270
Максимальная обрабатываемая длина, (мм)	780
Характеристики токарных шпинделей	
Устанавливаемый патрон	210мм
Размер проходящего прутка, (мм)	
Левый шпиндель, (мм)	65
Правый шпиндель, (мм)	65
Мощность	
Левый шпиндель, (кВ)	15/11 или 18,5/15
Правый шпиндель, (кВ)	15/11 или 18,5/15
Максимальные обороты шпинделя	
Левый шпиндель, (об./мин.)	59-4500
Правый шпиндель, (об./мин.)	59-4500
Дискретность программируемого перемещения оси С	0.001°
Револьверные головки	
Количество позиций верхняя (приводных)/нижняя (приводных)	12/12
Мощность приводного инструмента, (кВ)	3.7
Обороты приводного инструмента	3600
Перемещения по осям X1/X2, (мм)	195
Перемещения по осям Z1/Z2, (мм)	780
Перемещения по оси Y (верхняя револьверная головка), (мм)	±60
Перемещение правого шпинделя (ось В2), (мм)	850

Габариты (длина × ширина × высота) (мм)

4200x2280x2266

Вес (кг)

12000

2.2.7 Токарный обрабатывающий центр Nakamura-Tome WT-250MY

	65	
Высота центров над направляющими, (мм)	250	
Расстояние между шпинделями, (мм)	870	
Максимальный обрабатываемый диаметр, (мм)	250	
Максимальная обрабатываемая длина, (мм)	550	
Характеристики токарных шпинделей		
Устанавливаемый патрон	8"	
Размер проходящего прутка, (мм)		
Левый шпиндель, (мм)	65	
Правый шпиндель, (мм)	51	
Тип конца шпинделя (мм)		
Левый шпиндель	A2-6	
Правый шпиндель	A2-5	
Максимальные обороты шпинделя		
Левый шпиндель, (об./мин.)	59-4500	67-5000
Правый шпиндель, (об./мин.)	59-4500	67-5000
Дискретность программируемого перемещения оси С	0.001°	
Револьверные головки		
Количество позиций верхняя (приводных)/нижняя (приводных)	12/12	
Мощность приводного инструмента, (кВ)	5.5/3.7	
Обороты приводного инструмента	3600	
Перемещения по осям X1/X2, (мм)	192	
Перемещения по осям Z1/Z2, (мм)	600	
Перемещения по оси Y (верхняя револьверная головка), (мм)	±41	
Перемещение правого шпинделя (ось В2), (мм)	625	

Габариты (длина × ширина × высота) (мм)

4880^{**} x2088x2050

Вес (кг)

7500

2.2.8 Токарный обрабатывающий центр Nakamura-Tome WT-150MY

Tornio Plurimandrio Super NTY3 Nakamura.avi



Макс. диаметр обрабатываемой детали:	190 мм
Макс. длина обрабатываемой детали:	400 мм
Макс. диаметр обрабатываемого пруткового материала:	51 мм
Перемещения	
Макс. перемещения суппорта по осям X1/X2:	167,5 мм
Макс. перемещения суппорта по осям Z1/Z2:	465 мм
Макс. перемещения суппорта по оси В:	550 мм
Макс. перемещения суппорта по оси Y (опция):	± 35 мм
Шпиндели (Левый и Правый)	
Тип шпинделя:	A2-5
Макс. частота вращения шпинделя:	5000 об/мин
Диаметр обрабатываемого прутка (max.), мм	51
Револьверная головка	
Количество револьверных головок:	2 шт.
Количество устанавливаемого инструмента:	12/12 шт.
Приводной инструмент	
Мощность приводного инструмента, кВт	5,5/3,7
Диапазон частот вращения приводного инструмента:	60 - 6000 об/мин
Количество устанавливаемого приводного инструмента:	24 шт. (12 × 2)
Приводы	
Мощность привода правого шпинделя (60%, 30 мин/пост):	11/7,5 кВт
Мощность привода левого шпинделя (60%, 30 мин/пост):	15/11 кВт
Мощность привода приводного инструмента (40%, 15 мин/пост):	5,5/3,7 кВт

Общая потребляемая мощность, кВт	67,2
Габариты (длина × ширина × высота), мм	2860×2190×1860
Вес, кг	8 900

2.2.9 Станок вертикальный сверлильно-фрезерно-расточный



Станок вертикальный сверлильно-фрезерно-расточный с автоматической сменой инструмента (АСИ) и числовым программным управлением (ЧПУ) модели 400V предназначен для комплексной обработки деталей из различных конструкционных материалов в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. Выполняет операции сверления, зенкерования, развертывания, получистового и чистового растачивания отверстий, нарезания резьбы метчиками и фрезами, фрезерования.

Область применения: машиностроительные предприятия различных отраслей промышленности.

- ✓ Высокая точность позиционирования
- ✓ Высокоскоростная обработка
- ✓ Ускоренный ход до 60* м/мин
- ✓ Возможность оснащения поворотным столом для четырехкоординатной обработки

✓ Возможность оснащения щупами для измерения детали и инструмента
✓ Инструментальный магазин: 20 инструментов, 2,5 сек.
Перемещение по осям
Ось X - продольное перемещение салазок
Ось Y - поперечное перемещение колонны
Ось Z - вертикальное перемещение шпиндельной бабки

Технические характеристики

Параметры стола

Размер рабочей поверхности стола, мм 400x900

Параметры рабочей поверхности стола Т-образные пазы 3x18H7, шаг 160js 14мм

Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм 650

Наибольшая масса обрабатываемой детали, кг 400

Шпиндель

Конус шпинделя (DIN 69871) SK 40 (HSK 63)*

Пределы частот вращения шпинделя, об/мин 0-8000

Номинальный крутящий момент на шпинделе, Нм 44,6

Перемещения

Наибольшие перемещения по осям, мм

- продольное перемещение салазок (X) 530

- поперечное перемещение колонны (Y) 400

- вертикальное перемещение шпиндельной бабки (Z) 435

Точность позиционирования по всем осям, мм $\pm 0,005$

Предельные рабочие подачи, мм/мин 1...15000

Ускоренные хода по всем осям 15...30 (60)*

Инструментальный магазин

Емкость инструментального магазина, шт.	20
--	----

Время смены инструмента, сек .	7 (2,5)
--------------------------------	---------

Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине, мм (без пропуска гнезд)	125 (80)
--	----------

Наибольшая длина инструмента, устанавливаемого в шпинделе станка, мм	250
--	-----

Наибольшая масса оправки, устанавливаемой в магазине, кг	10
---	----

**Характеристика
электрооборудования**

Мощность двигателя главного привода, кВт	7
---	---

Номинальная частота вращения, об/мин	1500
---	------

Максимальная частота вращения, об/мин	9000
--	------

Суммарная мощность установленных на станке электродвигателей, кВт	23,9
--	------

Система ЧПУ (стандартное исполнение)	SIEMENS SINUMERIK 802D
---	------------------------

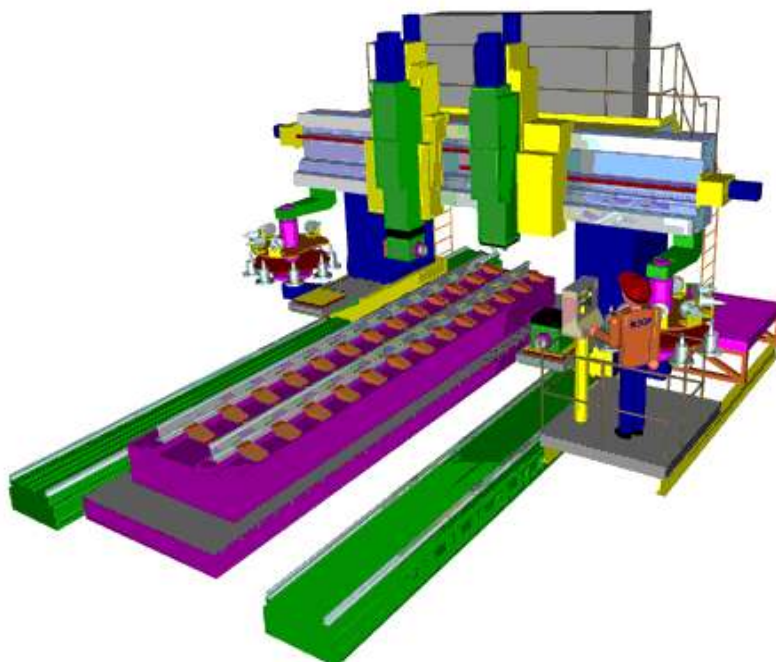
Прочие характеристики

Габаритные размеры, мм	2400x2200x2640
------------------------	----------------

Общая площадь станка в плане, кв.м., не более(с учетом открытых дверей шкафа)	6,1
---	-----

Масса, кг	4000
-----------	------

2.2.10 Продольный фрезерно-расточной станок с подвижным порталом с ЧПУ мод. МС620ГМФ4-16Б2



КРАТКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Наибольший крутящий момент на шпинделе, Нм	4 000
Мощность двигателя главного движения, кВт	50
Диапазон частот вращения шпинделя, 1/мин	10...1 600
Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
Длина	16 000
Ширина	2 000
Расстояние от рабочей поверхности стола до поперечины, мм:	1 000

На базе станка возможно изготовление различных моделей и модификаций станков с другими параметрами. При этом диапазон максимальных размеров обрабатываемых деталей составит:

диапазон, мм:	От	До
---------------	----	----

Длина	8 000	25 000
Ширина	2 000	3 500
Высота	1 000	1 500

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНОВКИ СТАНКА

- неподвижный стол
- продольно перемещающийся портал, несущий две фрезерно-расточные бабки
- устройства автоматической смены фрезерных головок (УАСГ)
- устройства автоматической смены инструмента (УАСИ).
- предназначен для изготовления деталей стрелочных переводов.
- возможна комплексная обработка крупногабаритных деталей методами фрезерования, сверления и растачивания с пяти сторон

2.2.11 Вспомогательный инструмент для оснащения станков сверльно-фрезерно-расточной группы



2.3 Типовая структура интегрированной CAD/CAM-системы

На рынке высоких технологий предлагаются интегрированные CAD/CAM-системы, предназначенные для автоматизации технологической подготовки производства на станках с ЧПУ и объединяющие в себе как поддержку проектирования детали, изделия, так и создание управляющих программ для их изготовления (Рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Стадии технологической подготовки обработки детали



PartMaker Star SV.avi



Nakamura NTY3 Varicut simulation_1.avi

2.4 Проектирование кинематической схемы станка

Кинематическая схема – это совокупность условно изображенных кинематических связей – цепей, с помощью которой устанавливается принцип работы станка и взаимодействие его механизмов. Условные обозначения элементов в кинематических схемах станка приведены в табл.2.2.

На кинематической схеме располагают все основные механизмы станка и показывают все кинематические цепи станка, дающие полное представление о том, как передается движение к исполнительным механизмам/8-10/.

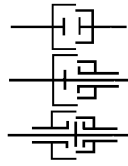
Таблица 2.2

Условные обозначения элементов кинематических схем

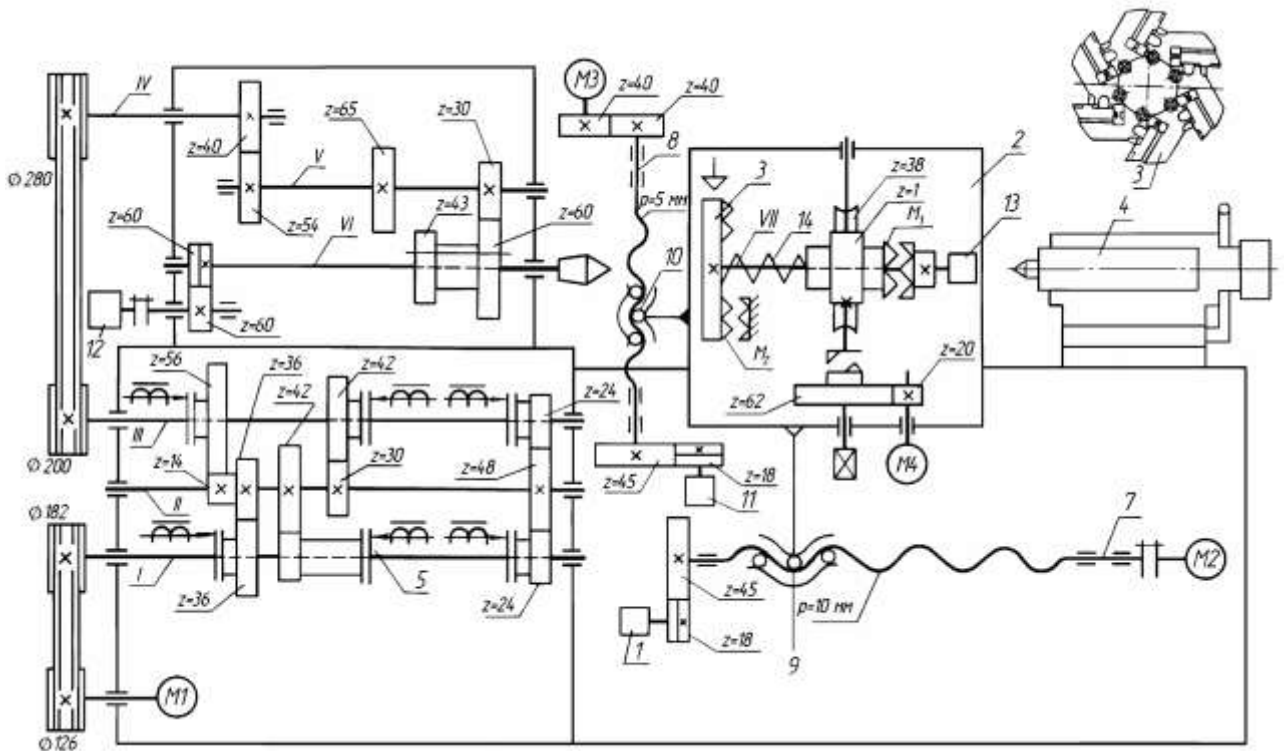
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, ось, стержень, шатун и т.п.	—	Муфта сцепляемая механическая:	
Подшипники скольжения и качения (без уточнения типа):		синхронная	
радиальные	—≡	зубчатая	
упорные	—	асинхронная	
Подшипники скольжения:		фрикционная	
		Передатки зубчатые (цилиндрические):	
		внешнее зацепление	
		(общее обозначение)	

радиальные		без уточнения типа зубьев)	
упорные:		то же, с прямыми и косыми зубьями Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
односторонние			
Подшипники качения:		червячные с цилиндрическим червяком	
радиальные радиально-упорные:		Передачи зубчатые реечные (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
односторонние		Передача винт-гайка: неразъемная (скольжения)	
двусторонние упорные:		неразъемная с шариками (качения) Передача ремнем:	
односторонние		без уточнения типа ремня	
двусторонние		плоским ремнем	
Муфта Общее обозначение без уточнения типа		клиновидным ремнем	
Муфта нерасцепляемая (неуправляемая):		зубчатым ремнем	
упругая компенсирующая			

Муфта сцепляемая
(управляемая):
общее обозначение
односторонняя
двусторонняя



Кинематическая схема должна обеспечивать возможность подсчета как абсолютных перемещений и скоростей различных элементов станка, так и относительных (взаимных) перемещений (Рис. 2.2). Поэтому на ней указываются основные кинематические данные всех подвижных элементов и узлов (для зубчатых колес – модуль, число зубьев; для винтов – шаг резьбы; для электродвигателей – мощность и частоту вращения и т.п.).



a

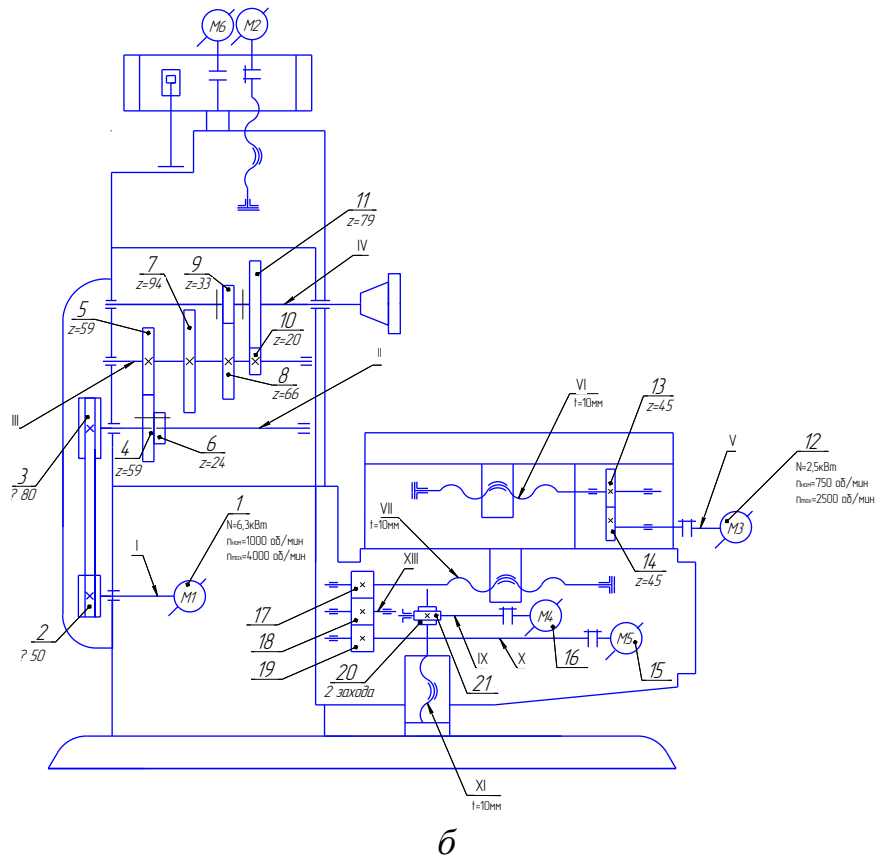


Рисунок 2.2 – Примеры кинематических схем станков
a – токарный; *б* - фрезерный

2.4.1 Многооперационный станок с ЧПУ ИР500МФ4

Горизонтальный МС ИР500МФ4 (Рис. 2.3) предназначен для обработки заготовок корпусных деталей, установленных на поворотном столе. На станке производится сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, нарезание резьбы метчиками/2/.

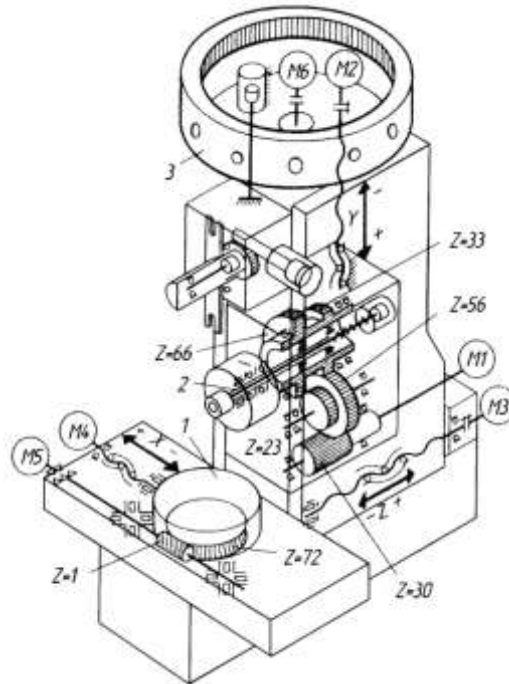


Рисунок 2.3 - Кинематическая схема горизонтального МЦС ИР500МФ4

Вращение шпинделю 2 передается от электродвигателя постоянного тока $M1$ двухступенчатой коробкой скоростей. Частоту вращения шпинделя изменяют регулированием частоты вращения электродвигателя и с помощью коробки скоростей. Переключение частоты вращения шпинделя осуществляют через передачи $\frac{23}{66}$ или $\frac{56}{33}$, причем последние закреплены на общей ступице и связаны со шпинделем зубчатой муфтой. Реверсированием электродвигателя изменяют направление вращения шпинделя. Приводами перемещений шпиндельной бабки, стойки и стола служат высокомоментные электродвигатели $M2$, $M3$, $M4$ постоянного тока, соединенные муфтами с шариковыми винтами.

Поворот стола 1 осуществляется от высокомоментного электродвигателя $M5$ посредством червячной передачи ($Z = 1$, $Z = 72$), а привод поворота инструментального магазина 3 – от высокомоментного электродвигателя $M6$ через зубчатую передачу. Бесконсольная шпиндельная бабка расположена внутри портальной стойки. Поворотный стол перемещается по отдельной станине. В приводах подачи шпиндельной бабки, стойки и стола применены прецизионные шариковые винтовые пары с предварительным натягом. Опорами шариковых винтов служат прецизионные комбинированные роликовые и радиально-упорные подшипники. Перемещения исполнительных органов станка осуществляются от высокомоментных

электродвигателей с постоянными магнитами. Комбинированные направляющие состоят из высокоточных роликовых опор, установленных с предварительным натягом, и накладок, изготовленных из антифрикционного полимерного материала, обладающего низким коэффициентом трения и высокой демпфирующей способностью.

Горизонтальный шпиндель 2 станка смонтирован в отдельном корпусе на двух прецизионных подшипниках (один – с цилиндрическими роликами, другой – упорно-радиальный). Зажим инструмента в шпинделе гидромеханический. Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя постоянного тока через двухступенчатую коробку скоростей. Автоматическая индексация шпинделя (с управлением УЧПУ) позволяет отводить резец от рабочей поверхности в точно определенную позицию.

Встроенный поворотный делительный стол позиционируется в автоматическом режиме. Для установки и крепления детали на поверхности стола предусмотрена координатная сетка резьбовых отверстий. Отдельно стоящее гидромеханическое поворотное (на угол 180°) устройство автоматической смены ПС позволяет исключать из технологического цикла время на установку и снятие детали. Устройство автоматической смены инструмента, расположенное вне рабочей зоны, состоит из инструментального магазина барабанного типа (с кодированными гнездами) и автооператора. Выбор инструмента возможен в любой последовательности.

2.4.2 Вертикально-фрезерный станок мод. 6P13Ф3-37

Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка 6P13Ф3-37 показана на рис. 2.4.

Главное движение. Шпиндель VIII получает от электродвигателя *M1* через коробку скоростей с тремя передвжными блоками зубчатых колес Б1, Б2, Б3 и передачи $Z = 39-39$, $Z = 42-41-42$ в шпиндельной головке. Механизм переключения блоков обеспечивает получение 18 частот вращения и позволяет выбирать требуемую частоту вращения без последовательного прохождения промежуточных ступеней.

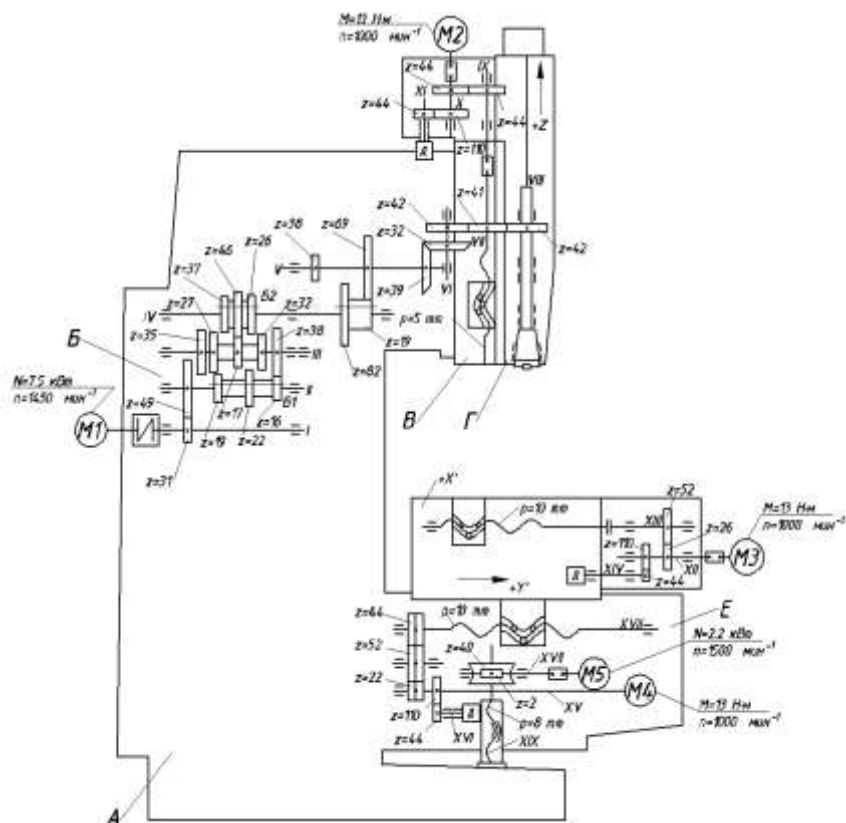


Рисунок 2.4 - Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка 6Р13Ф3-37

Движения подачи. Вертикальная подача ползуна со смонтированным в нем шпинделем осуществляется от высокомоментного двигателя $M2$ через зубчатую пару $Z = 44-44$ и передачу винт-гайка качения VII с шагом $P = 5$ мм. Предусмотрено ручное перемещение ползуна. На валу XI установлен датчик обратной связи – трансформатор типа ВТМ-1В. Поперечная подача салазок осуществляется от высокомоментного двигателя $M4$, через безззорный редуктор 22/52/44 и винт-гайку качения XVII с шагом $P = 10$ мм.

Продольная подача стола происходит от высокомоментного электродвигателя $M3$ через безззорный редуктор $\frac{26}{52}$ и винт-гайку качения XIII с шагом $P = 10$ мм. В редукторах продольного и поперечного перемещений установлены датчики обратной связи – трансформаторы типа ВТМ-1В. Зазор в направляющих стола и салазок выбирают клиньями. Зазор в передачах винт-гайка качения устраняют поворотом обеих гаек в одну сторону на нужное число зубьев.

2.4.3 ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ СТАНОК МОД. 2623МФ4

Станок повышенной точности мод. 2623МФ4 предназначен для комплексной обработки корпусных деталей. На нем можно сверлить, зенкеровать, растачивать и развертывать точные отверстия, нарезать резьбу метчиками и резцами, выполнять контурное фрезерование.

Станок (рис. 2.5) содержит продольно-подвижную стойку 1, несущую подвижную в вертикальном направлении шпиндельную бабку 2 с горизонтальным выдвижным шпинделем 3. Поворотный стол станка 4, на котором обрабатываются детали массой до 4 т, перемещается горизонтально в поперечном относительно шпинделя направлении. Компоновка станка дает возможность обрабатывать детали с четырех сторон без их переустановки. Станок снабжен цепным магазином.

Цепь магазина приводится в движение от электродвигателя мощностью $N = 3,3$ кВт при $n_n = 1000$ мин⁻¹. Для смены инструмента применяется несложный автооператор без кантователя.

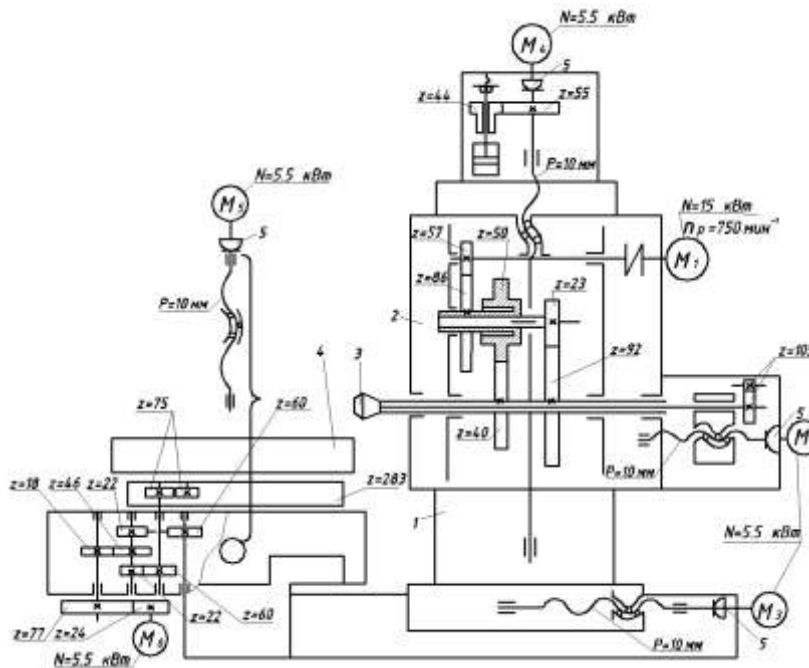


Рисунок 2.5 - Кинематическая схема станка мод. 2623ПМФ4

Привод главного движения станка имеет широкий диапазон регулирования частоты вращения шпинделя. Вращение от двигателя постоянного тока M_1 мощностью 15 кВт при $n_n = 750$ мин⁻¹ через

двухступенчатую коробку скоростей $\frac{57}{86} \frac{50}{40} \frac{57}{92} \frac{23}{92}$ передается шпинделю 3. Частота вращения шпинделя $750 \dots 2350 \text{ мин}^{-1}$ при постоянной мощности и $40 \dots 750 \text{ мин}^{-1}$ при постоянном крутящем моменте. Переключение скоростей шпинделя в каждом из двух механических поддиапазонов осуществляется в момент резания без остановки. Конструкция шпиндельного узла с фрезерным и расточным шпинделем, смонтированного на прецизионных подшипниках качения, обеспечивает длительное сохранение точности его перемещения, повышенную жесткость и виброустойчивость.

Перемещениями подвижных узлов по пяти координатам управляет система ЧПУ. Приводы подач унифицированы и состоят из высокомоментных электродвигателей ($M 2 \dots M 5$), упругих муфт 5 и передач винт–гайка качения ($P = 10 \text{ мм}$). Контроль действительного положения подвижных органов станка производится датчиками положения типа «индуктосин».

Направляющие горизонтально перемещающихся узлов (стойка, поворотный стол) – гидростатические, шпиндельной бабки – комбинированные. Все они снабжены телескопическими защитными устройствами.

Стол станка получает вращение от отдельно регулируемого электродвигателя $M 6$ через редуктор $\frac{24}{77} \frac{18}{46} \frac{22}{60} \frac{25}{283}$. Выбор зазора в кинематической цепи производится за счет двух предварительно закрученных при сборке зубчатых колес ($Z = 25$), зацепляющихся с большим зубчатым колесом ($Z = 283$).

Для расширения технологических возможностей станок оснащается различными сменными планшайбами и другими устройствами. Например, для подрезки торцов, растачивания канавок, обработки наружной цилиндрической поверхности используют планшайбу с радиально перемещаемой ползушкой.

2.5 Методика проектирования приводов

Металлообрабатывающие станки с ЧПУ и другие автоматизированные станки имеют приводы главного движения с бесступенчатым регулированием. Основным достоинством таких приводов является высокая производительность, которая достигается за счет точной настройки на

заданный режим скорости резания и возможность автоматизированного ее изменения/11/.

В качестве устройств бесступенчатого регулирования таких приводов используются регулируемые электродвигатели.

Обычно регулируемые электродвигатели имеют диапазон регулирования при постоянной мощности в пределах 4...6, а отдельные электродвигатели при использовании специальных систем управления позволяют получить диапазон регулирования до 8 ...10.

Приводы главного движения большинства металлорежущих станков имеют диапазон регулирования $R_n < 100$, следовательно, для получения такого регулирования необходимо использовать расширительные коробки скоростей.

Регулируемые электродвигатели имеют двухзонное регулирование. Первая зона характеризуется частотами вращения от n_{\min} до $n_{\text{ном}}$, постоянным крутящим моментом и возрастающим значением мощности по мере возрастания частоты вращения (рис.2.6).

Вторая зона или зона с постоянным значением мощности находится в диапазоне частот вращения от $n_{\text{ном}}$ до n_{\max} .

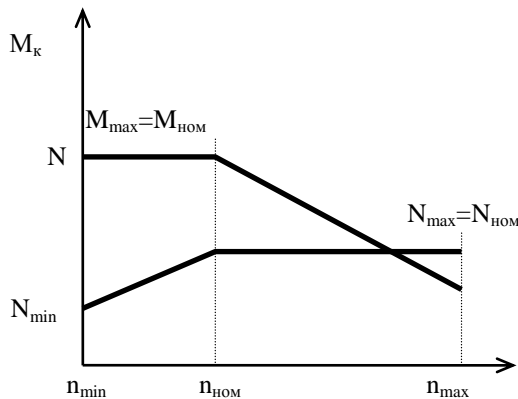


Рисунок 2.6 - Зоны работы регулируемого электродвигателя

В данном разделе предлагается методика проектирования, основанная на понятиях диапазона регулирования привода.

Обозначения:

R_n – диапазон регулирования привода главного движения;

R_{n_N} – диапазон регулирования привода главного движения при постоянной мощности электродвигателя (зона II);

R_N – диапазон регулирования электродвигателя при постоянной мощности;

$n_{\text{ш min}} \dots n_{\text{ш max}}$ – пределы частот вращения шпинделя, мин^{-1} ;

$n_{\text{э ном}} \dots n_{\text{э max}}$ – пределы частот вращения вала электродвигателя от номинального до максимального значений.

Контрольные вопросы

1. Какие операции выполняются на станках сверлильно-расточной группы?
2. Из каких основных узлов и механизмов состоит вертикальный и расточной станки?
3. Рассмотрите кинематические схемы станков и составьте уравнения кинематического баланса цепей.
4. Расскажите об особенностях кинематических схем станков с ЧПУ.

3 РАСЧЕТ БЕССТУПЕНЧАТОГО ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Силовая характеристика станков характеризует станок с точки зрения его силовых возможностей и включает определение мощности привода, величины крутящего момента и силы подачи, которые может преодолеть данный привод.

3.1 Расчет мощности привода главного движения

Величина потребной мощности привода главного движения определяется по эффективной мощности резания.

$$N_{эд} = N_э / \eta,$$

где $N_э$ - эффективная мощность, необходимая для выполнения полезной работы, η - КПД цепи главного движения.

Эффективная мощность может быть определена по формулам теории резания металлов. При проектировании специальных станков эффективная мощность подсчитывается по заданной операции; при проектировании специализированных станков - для нескольких типичных деталей; при проектировании станков общего назначения - по предельным режимам резания. Наибольшая мощность обычно требуется для выполнения черновых операций при обработке пластичных сталей и материалов.

К.П.Д. кинематической цепи представляет собой произведение к.п.д. отдельных звеньев цепи - зубчатых колёс, подшипников, ремённых передач и т. д.

$$\eta = \eta_1^k \cdot \eta_2^l \cdot \eta_3^m \cdot \dots \cdot \eta_n^i,$$

где $k, l, m \dots i$ - число пар зубчатых колёс, подшипников, муфт, ремённых передач и т.д. входящих в данную кинематическую цепь.

Значения к.п.д. отдельных звеньев принимаются по данным курса "Детали машин", где они даются для полной расчётной нагрузки передач. Изменение нагрузки и скорости вращения существенно влияют на величину к.п.д. отдельных звеньев и привода в целом. Поэтому точные значения к.п.д. передач при различных числах оборотов может быть определено только экспериментальным путём.

В предварительных расчётах станков с главным вращательным движением ориентировочно можно принимать к.п.д. привода равным 0,7...0,85, а для станков с прямолинейным поступательным главным движением равным 0,6...0,7.

Если от данного движения двигателя осуществляется и главное движение и движение подач, то необходимо учитывать также затраты мощности на подачу. В этом случае мощность двигателя определяется выражением:

$$N_{\text{эд}} = \frac{N_{\text{э}}}{\eta} + N_{\text{п}},$$

где, $N_{\text{п}}$ – мощность, затрачиваемая на подачу.

Мощность, затрачиваемая на подачу, обычно невелика. Так, для токарных и револьверных станков она составляет 3...4% от мощности привода главного движения, для фрезерных – 15...20%.

Если подача осуществляется от отдельного электродвигателя, то мощность привода подач подсчитывается отдельно по формуле:

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{э.п.}}}{\eta},$$

где $N_{\text{э.п.}}$ - эффективная мощность подачи, к.п.д. цепи подач. К.П.Д. цепи подач обычно невелик и составляет примерно 0,15...0,20. Эффективная мощность подач определяется формулой:

$$N_{\text{э.п.}} = \frac{Q \cdot S_{\text{мин}} \cdot 9,8}{6 \cdot 10^6}, \text{ кВт},$$

где Q - тяговая сила подачи в Н,

$S_{\text{мин}}$ - подача в мм/мин.

Для продольных суппортов токарных и револьверных станков и столов фрезерных станков с прямоугольными направляющими:

$$Q = kP_x + f \cdot (P_z + P_y + G), \text{ Н}$$

$$k = 1,1; f = 0,15$$

Для продольных суппортов токарных станков с призматическими или комбинированными направляющими:

$$Q = kP_x + f \cdot (P_z + G), \text{ Н}$$

$$k = 1,15; f = 0,15 \dots 0,18$$

Для столов фрезерных станков с направляющими в форме “ласточкина хвоста”:

$$Q = kP_x + f \cdot (P_z + 2P_y + G), \text{ Н}$$

$$k = 1,4; f = 0,2$$

Для шпинделей сверлильных станков:

$$Q = (1 + 0,5f)P_x + f \frac{M_k}{d} \approx P_x + \frac{f \cdot 2M_k}{d}, \text{ Н; } f = 0,15$$

В формулах:

P_x – составляющая силы резания в направлении подачи, Н;

P_z – составляющая силы резания, прижимающая рабочий орган к направляющим, Н;

P_y – составляющая силы резания, отрывающая рабочий орган от направляющих, Н;

G – вес перемещаемых частей, Н;

M_k – крутящий момент на шпинделе, Н·м;

d – диаметр шпинделя, в м;

f – коэффициент трения между пинолью и корпусом на шлицах или шпонках шпинделя;

f' – приведенный коэффициент трения на направляющих;

k – коэффициент, учитывающий влияние опрокидывающего момента.

Более точно мощность электродвигателя может быть определена с учетом мощности холостого хода – $N_{х.х.}$.

Мощностью холостого хода называется мощность, затрачиваемая источником энергии на вращение привода при отсутствии полезной нагрузки.

Эта мощность затрачивается:

- 1) на работу сил трения в опорах, уплотнениях, зубчатых колесах и фрикционных муфтах;
- 2) на перемешивание масла в масляной ванне;
- 3) на аэродинамические потери в подшипниках качения и быстровращающихся деталях.

Мощность холостого хода станков достигает значительной величины, особенно при высоких частотах вращения шпинделя и промежуточных валов. Например, мощность холостого хода привода револьверного станка модели 1М36 при частоте вращения шпинделя 3000 мин^{-1} достигает 4 кВт.

Для приближенных расчетов мощности холостого хода коробки скоростей можно пользоваться формулой:

$$N_{хх} = k_m \frac{d_{cp}}{10^5} (n_1 + n_2 + \dots + n_j + k_{шп} \cdot \frac{d_{шп}}{d_{cp}} \cdot n_{шп}), \text{ кВт,}$$

где k_M – коэффициент, характеризующий конструкцию элементов привода и качество его изготовления, $k_M=3\dots 6$. Чем проще конструкция и лучше условия смазки, тем меньше коэффициент k_M ;

n_1, n_2, \dots, n_j – числа оборотов промежуточных валов привода, соответствующие числу оборотов в мин шпинделя $n_{шп}$;

$d_{шп}$ – средний диаметр всех промежуточных валов привода, см;

$d_{шп}$ – диаметр шпинделя в передней опоре, см;

$k_{шп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные потери в шпиндельном узле; при подшипниках скольжения $k_{шп}=2$, при подшипниках качения $k_{шп}=1,5$.

По этой же формуле можно определить мощность холостого хода коробок передач, приняв при этом $k_{шп}=0$. Точные значения N_{xx} устанавливаются экспериментально.

С учетом мощности холостого хода мощность электродвигателя будет:

$$N_{эд} = \frac{N_{э}}{\eta} + N_{xx} + N_{п}.$$

Без учета мощности, затрачиваемой на подачу, мощность привода главного движения будет:

$$N_{эд} = \frac{N_{э}}{\eta} + N_{xx}.$$

При проектировании станков общего назначения необходимо иметь в виду, что процессы резания еще недостаточно изучены, а коэффициенты, входящие в расчетные формулы эффективной мощности в основном эмпирические. Кроме того, при проектировании не всегда можно точно учесть условия работы станка. Поэтому, полученную мощность привода необходимо сравнивать с мощностью такого же привода существующих современных станков, близких по типоразмеру к проектируемому, после чего окончательно устанавливается мощность привода станка, по которой подбирается тип электродвигателя с учетом его назначения и частоте вращения вала двигателя.

3.2 Методика кинематического расчета привода главного движения

В соответствии с методикой необходимо:

1. Выбрать регулируемый электродвигатель (Приложение 2) и определить диапазон регулирования электродвигателя с постоянной мощностью.

$$R_N = \frac{n_{\text{э max}}}{n_{\text{э ном}}}.$$

2. Определитель диапазон регулирования расширительной коробки скоростей

$$R_k = \frac{Rn_N}{R_N}$$

3. Определить C - число интервалов $\lg \varphi$, которое содержит диапазон регулирования электродвигателя

$$C = \frac{\lg R_N}{\lg \varphi}.$$

4. Определить m -число групп передач, которое будет иметь коробка скоростей

$$m = \frac{\lg R_K}{\lg \varphi}.$$

Значение m может быть целым, что бывает крайне редко или дробным. Если m - целое число, то это указывает на то, что все группы будут иметь предельное значение диапазона регулирования равное 8.

Если m - дробное число, то его следует округлить до большего целого значения, это и будет число групп передач коробки скоростей. При этом целая часть значения m указывает на число групп передач имеющих диапазон регулирования равным 8, а дробная часть указывает на то, что одна из групп будет иметь диапазон регулирования составляющей лишь часть от предельного значения.

Диапазон регулирования такой группы можно определить:

$$R_{гн} = \frac{R_k}{8^e},$$

где e - число групп передач имеющих диапазоны регулирования, равные 8.

При проектировании коробок скоростей следует руководствоваться общепринятыми рекомендациями, что диапазоны регулирования групп передач по цепи от электродвигателя к шпинделю должны увеличиваться. Поэтому в качестве первой конструктивной группы следует выбрать группу, имеющую неполный диапазон регулирования, а последующие полный.

Если есть необходимость принять диапазоны регулирования всех групп передач одинаковыми, то их значения определяются по следующей зависимости:

$$R_{r1} = R_{r2} = \dots R_{rm} = \sqrt[m]{R_k},$$

где R_{r1} , R_{r2} , R_{rm} ...-соответственно диапазоны регулирования первой, второй и т.д. группы.

Для того, чтобы привод станка во всем диапазоне регулирования имел постоянную мощность, группы передач следует проектировать так, чтобы диапазоны регулирования групп передач или их подгрупп были не больше диапазона регулирования на предыдущем валу.

При построении на ГЧВ групп передач принимаем, что каждая группа передач имеет лишь две передачи, но если при этом диапазон регулирования группы больше диапазона регулирования на предыдущем валу, то в этой группе нужно ввести дополнительные одну или две передачи. Дополнительные передачи следует строить так, чтобы диапазоны регулирования в получившихся при этом подгруппах не превышали диапазона регулирования предыдущего вала. Число передач такой группы определяется:

$$P_r = \frac{K_n}{C} + 1,$$

где P_r -число передач в группе;

K_n - число интервалов пересекаемое передачами первой конструктивной группы.

8. Определить число интервалов $\lg \varphi$, которое будет иметь на ГЧВ первая конструктивная группа.

$$K_n = \frac{\lg R_{z.n.}}{\lg \varphi}.$$

9. Определить общее число интервалов на ГЧВ

$$K_o = \frac{\lg n_{\max}^{n_{\min}}}{\lg \varphi},$$

где n_{\max} -наибольшая частота вращения шпинделя или электродвигателя.

После следует построить логарифмическую сетку со знаменателем φ . Записать значения частот вращения на выходном валу и приступить к построению ГЧВ.

3.2.1 Пример кинематического расчета привода главного движения

Целью расчета является определение чисел зубьев колес коробки скоростей по графику частот вращения (ГЧВ) валов коробки.

Исходные данные:

Максимальная частота вращения шпинделя $n_{ш \max} = 3500 \text{ мин}^{-1}$;

Диапазон регулирования привода
при постоянной мощности двигателя

$$Rn_N=125.$$

1. Определяем $n_{ш \min}$:

$$n_{ш \min} = \frac{3500}{125} = 28 \text{ мин}^{-1}.$$

2. Принимаем $\varphi = 1,26$.

3. По Нормали станкостроения Н11-1 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел» (Приложение 1) выбираем ряд стандартных частот вращения со знаменателем $\varphi = 1,26$; $n_{ш \max} = 3500 \text{ мин}^{-1}$; $n_{ш \min} = 28 \text{ мин}^{-1}$.

В стандартном ряду нет значения, $n_{ш \max} = 3500 \text{ мин}^{-1}$, поэтому следует принять $n_{ш \max} = 3550 \text{ мин}^{-1}$, тогда стандартный ряд будет иметь следующие значения:

$$3550, 2800, 2240, 1800, 1400, 1120, 900, 710, 560, 450, 355, 280, 224, 180, \\ 140, 112, 90, 71, 56, 45, 35, 28.$$

4. Выбираем регулируемый электродвигатель (см. приложение 2) и находим:

$$R_N = \frac{4500}{1500} = 3.$$

5 Определяем R_k :

$$R_k = \frac{125}{3} = 41,7.$$

6. Определяем C :

$$C = \frac{\lg 3}{\lg 1,26} = 4,75, \text{ принимаем } C = 5.$$

7 .Определяем m :

$$m = \frac{\lg 41,7}{\lg 8} = 1,79, \text{ принимаем } m = 2$$

Следовательно, одна группа будет иметь диапазон регулирования равный 8, а вторая неполная группа будет иметь диапазон $R_{г.н.}$.

$$R_{г.н.} = \frac{R_k}{8^e} = \frac{41,7}{8} = 5,21$$

8 Определяем число интервалов в неполной группе

$$K_n = \frac{\lg 5,21}{\lg 1,26} = 7,14, \text{ принимаем } K_n = 7.$$

Полная группа будет иметь 9 интервалов.

9. Определяем общее число интервалов на ГЧВ

$$K_o = \frac{\lg 4500}{\lg 28} = 21,9, \text{ принимаем } K_o = 26.6$$

Следовательно, логарифмическая сетка будет иметь 23 горизонтали.

Выше был рассмотрен Вариант 1 кинематического расчета.

В примечании ниже рассматривается Вариант 2.

Примечание. Если принять диапазоны регулирования групп одинаковыми, то их значения можно определить следующим образом: $R_{Г1}=R_{Г2}=\sqrt{41,7} = 6,46$.

Тогда число интервалов каждой группы: $K_{Г1}=K_{Г2}=\frac{\lg 6,46}{\lg 1,26} = 8,07$ принимаем $K_{Г1}=K_{Г2}=8$.

В таком случае передачи каждой группы будут пересекать по 8 интервалов. Число горизонталей на логарифмической сетке будет таким же и равным 23.

10. Строим ГЧВ для первого и второго вариантов решений.

При построении на ГЧВ групп передач принимаем, что каждая группа передач имеет лишь две передачи, но если при этом диапазон регулирования группы больше диапазона регулирования на предыдущем валу, то в этой группе нужно ввести дополнительные одну или две передачи. Дополнительные передачи следует строить так, чтобы диапазоны регулирования в получившихся при этом подгруппах не превышали диапазона регулирования предыдущего вала. Число передач такой группы определяется:

$$P_r = \frac{K_n}{C} + 1,$$

где P_r - число передач в группе;

K_n - число интервалов пересекемое передачами первой конструктивной группы.

$$K_n=7; C = 5$$

Так как $7 > 5$, то первая конструктивная группа должна иметь дополнительные передачи. Число передач такой группы можно определить

$$P_r = \frac{7}{5} + 1 = 1,4 + 1 = 2,4$$

Округление производим до ближайшего большего значения $P_r=3$. Таким образом, первая конструктивная группа будет иметь три передачи. При этом третья передача проводится так, чтобы получившаяся при этом подгруппа имела число интервалов не более C , т.е. 5.

На рис. 3.1 показаны ГЧВ коробок скоростей. Коробки скоростей имеют по две постоянные передачи и по две группы передач. Одна из постоянных

передач может быть установлена между группами передач или в качестве последней передачи на шпиндель.

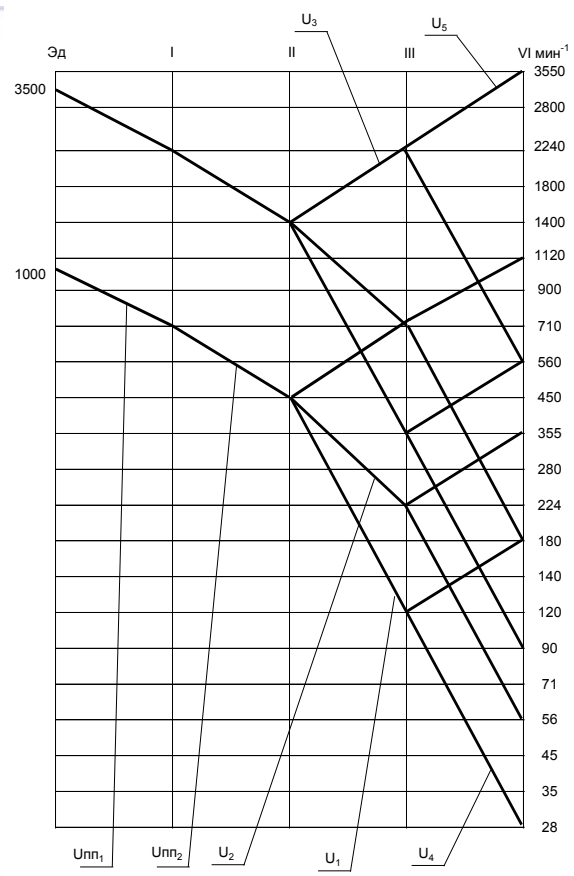
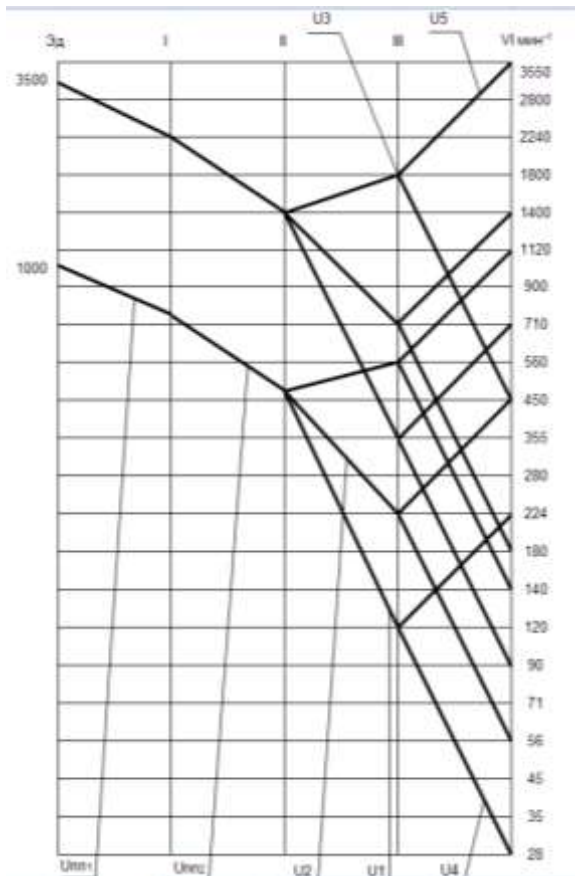
На этих ГЧВ штриховыми линиями показаны уточненные границы нижних частот вращения. Необходимость в уточнениях возникает потому, что при расчетах значение C округляется, а поэтому нижняя граница частот будет отличаться от действительных значений.

11. По ГЧВ (рис.3.1) определяем передаточные отношения передач каждой группы по формуле

$$u = \varphi^k$$

12. По таблице выбираем числа зубьев передач

13. Строим кинематическую схему привода главного движения.



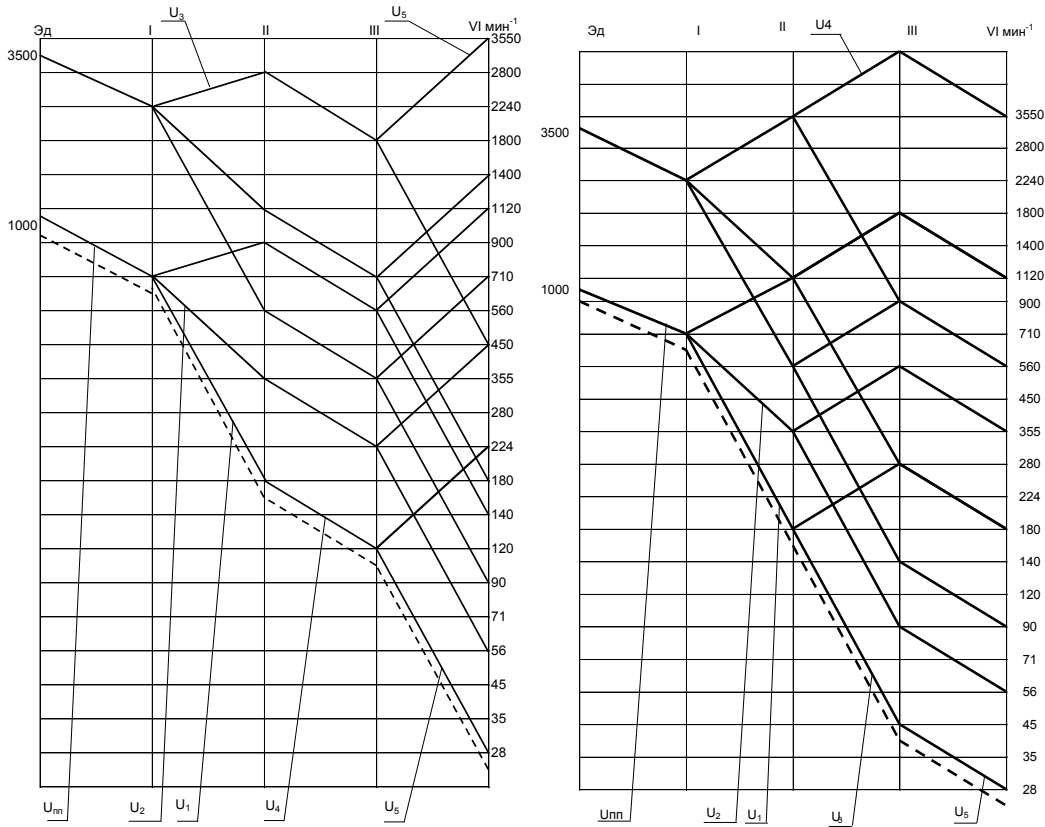


Рисунок 3.1 - Варианты графиков частот вращения

4 РАСЧЕТ БЕССТУПЕНЧАТОГО ПРИВОДА ПОДАЧ

4.1 Токарная обработка

Исходные данные:

Диапазон продольных подач $S_{\min} \dots S_{\max}$, мм/об.

Предварительные варианты кинематической схемы привода представлены на рис.4.1, 4.2.

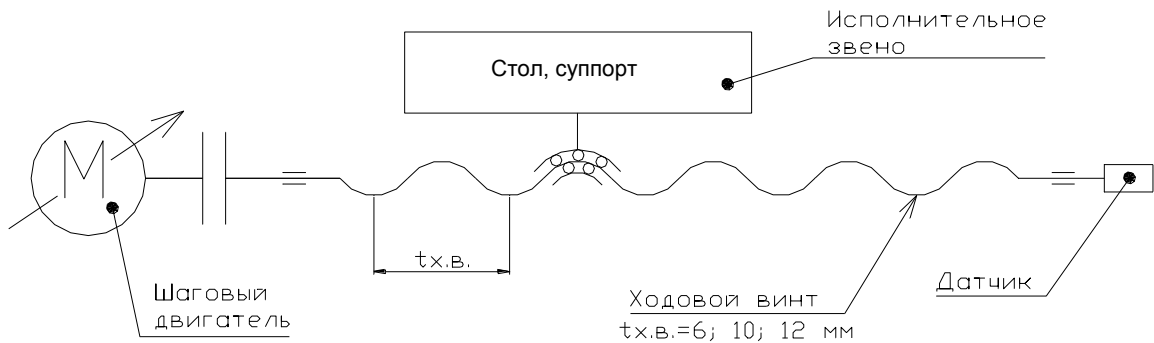


Рисунок 4.1 – Схема привода продольных подач

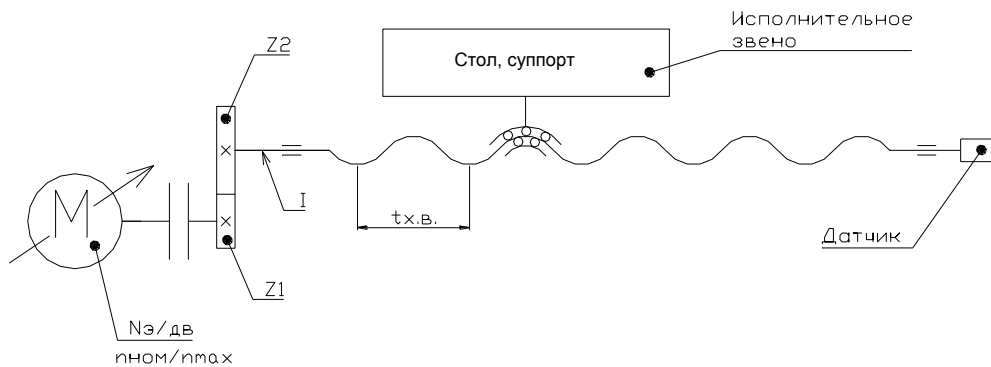


Рисунок 4.2 – Схема привода продольных подач с постоянной зубчатой передачей

3) Расчетные перемещения конечных звеньев

$$S \rightarrow n_{\text{шпинделя}}$$

4) Уравнение кинематического баланса

$$S_{\min} = \frac{n_{\text{э/дв min}} \cdot u_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}}}{n_{\text{min.ш.п.}}};$$

$$S_{\max} = \frac{n_{\text{max.э/д}} \cdot u_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{хв.}}}{n_{\text{max.ш.п.}}}.$$

Определяем значения частот вращения вала двигателя при получении диапазона подач от S_{\min} до S_{\max} :

$$n_{\min} = \frac{S_{\min} \cdot n_{\min \text{ ш.п.}}}{u_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}}} \geq [n]_{\min} = 0.2 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_{\max \text{ эд}} = \frac{S_{\max} \cdot n_{\max}}{U_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}}}$$

4) Строим график чисел подач или в зависимости от принятого кинематического варианта привода подач (Рис. 4.3).

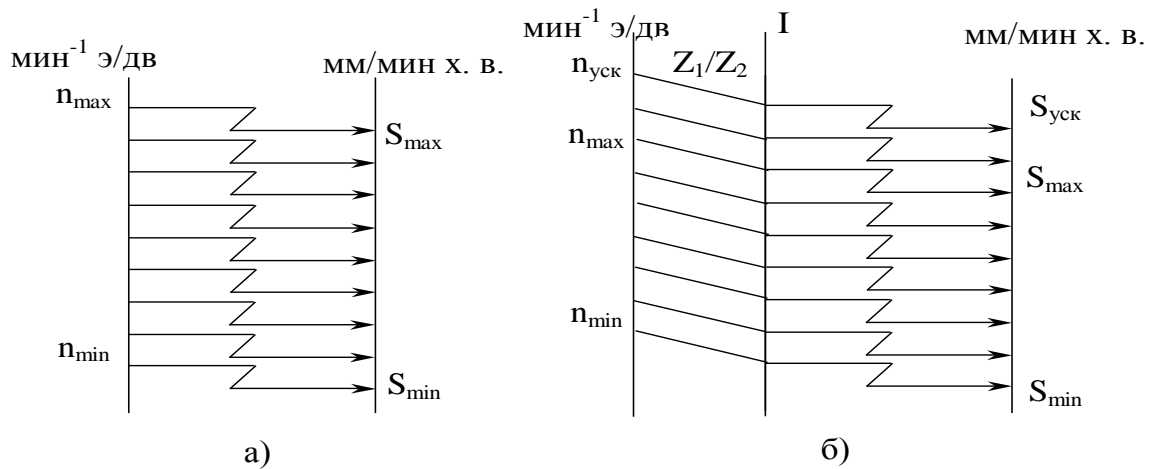


Рисунок 4.3 – Варианты графика чисел продольных подач

a – для рис.4.1 b - для рис. 4.2

б) Выбираем тип двигателя - шаговый (см. приложение 3).

4.2 Обработка фрезерованием

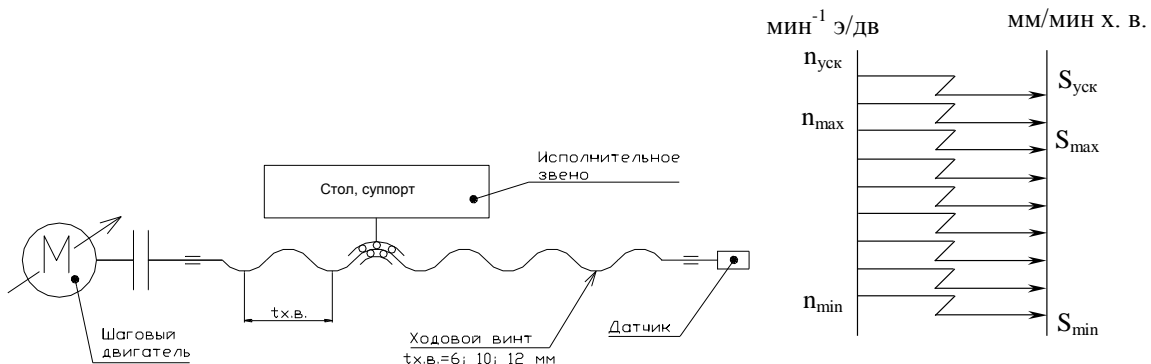
Исходные данные:

Диапазон продольных подач стола $S_{\min} \dots S_{\max}$, мм/мин. ;

Ускоренная подача стола $S_{\text{уск.}}$, мм/мин.

Составляем кинематическую схему привода подач стола

без применения постоянной передачи и строим график(рис. 4.4):



*a**б*

Рисунок 4.4 - Кинематическая схема привода подачи стола без применения постоянной передачи (*a*) и график чисел подач(*б*)

Составляем кинематическую схему привода подачи стола с постоянной передачей и строим график(рис. 4.5):

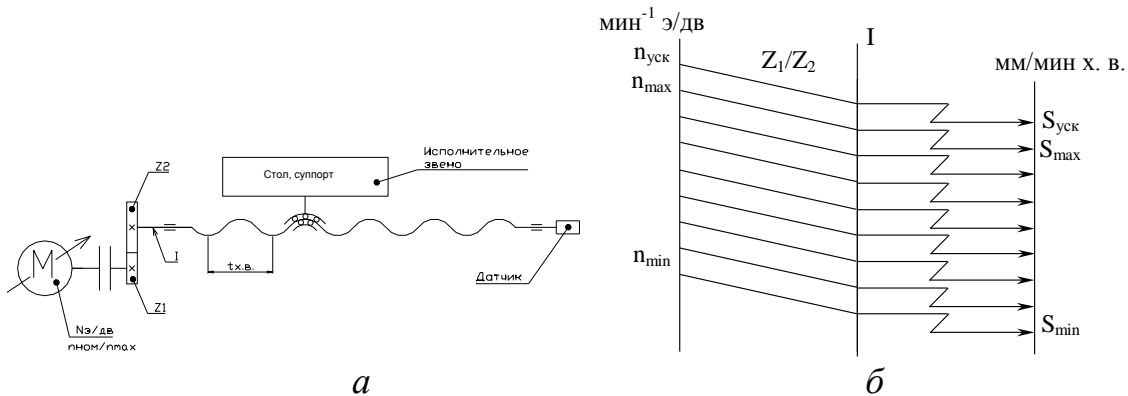


Рисунок 4.5 - Кинематическая схема привода подачи стола с постоянной передачей (*a*) и график чисел подач(*б*)

Определяем расчётные перемещения конечных звеньев:

$$S \rightarrow n_{\text{э/дв}}$$

Составляем уравнение кинематического баланса:

$$S_{\min} = n_{\text{э/дв}_{\min}} \cdot U_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}} \left[\frac{\text{мм}}{\text{мин}} \right]$$

$$S_{\max} = n_{\text{э/дв}_{\max}} \cdot U_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}} \left[\frac{\text{мм}}{\text{мин}} \right]$$

Определяем значения частот вращения вала двигателя при получении диапазона подач от S_{\min} до S_{\max} :

$$n_{\min} = \frac{S_{\min}}{U_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}}}$$

$$n_{\max} = \frac{S_{\max}}{U_{\text{цепи}} \cdot t_{\text{х.в.}}}$$

Если в цепи не используется постоянная передача (см. рис. 4.4), то

$U_{\text{цепи}}=1$; если используется (см. рис. 4.5), то $U_{\text{цепи}} = \frac{Z_1}{Z_2}$ и

$$n_{\min} = \frac{S_{\min}}{\frac{Z_1}{Z_2} \cdot t_{\text{х.в.}}} \quad n_{\max} = \frac{S_{\max}}{\frac{Z_1}{Z_2} \cdot t_{\text{х.в.}}}$$

Назначаем $t_{x.b.} = 10 \text{ мм}$; подбираем передаточное отношение z_1/z_2 так, чтобы $n_{\text{MIN}} \geq [n]_{\text{MIN}} = 0,2 \text{ мин}^{-1}$.

Для ускоренной подачи рассчитываем частоту вращения вала двигателя:

$$n_{\text{уск}} = \frac{S_{\text{уск}}}{U_{\text{цепи}} \cdot t_{x.b.}}$$

4) Уточняем график чисел подач и проставляем найденные значения.

5) Выбираем тип двигателя (см. приложение 3).

4.3 Обработка отверстий (сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, растачивание)

Исходные данные:

Осевая подача $S_{\text{min}} \dots S_{\text{max}}$, мм/об.

Предварительно строим кинематическую схему привода подач (Рис. 4.6):

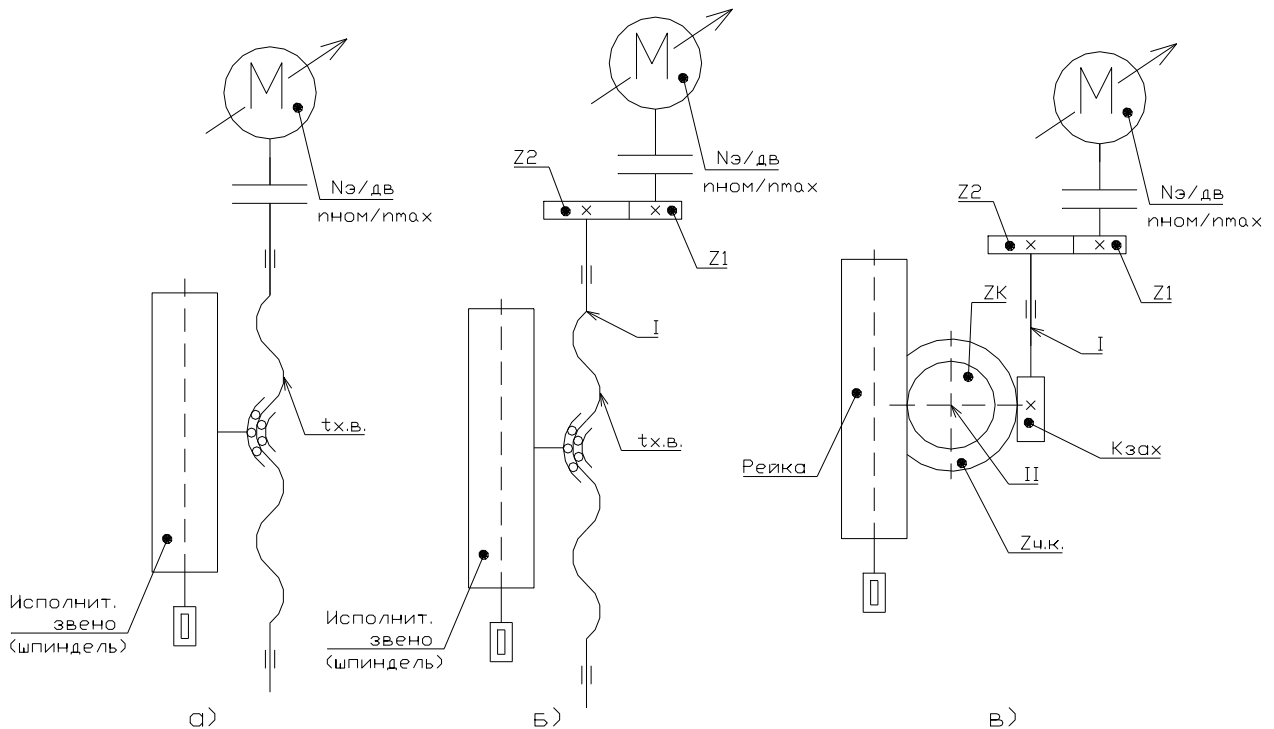


Рисунок 4.6 – Варианты привода осевой подачи:

а – с передачей винт – гайка (ШВП);

б – с постоянной зубчатой передачей и ШВП

в - с зубчатой, червячной и реечной передачей

Графики чисел подач (Рис. 4.7)

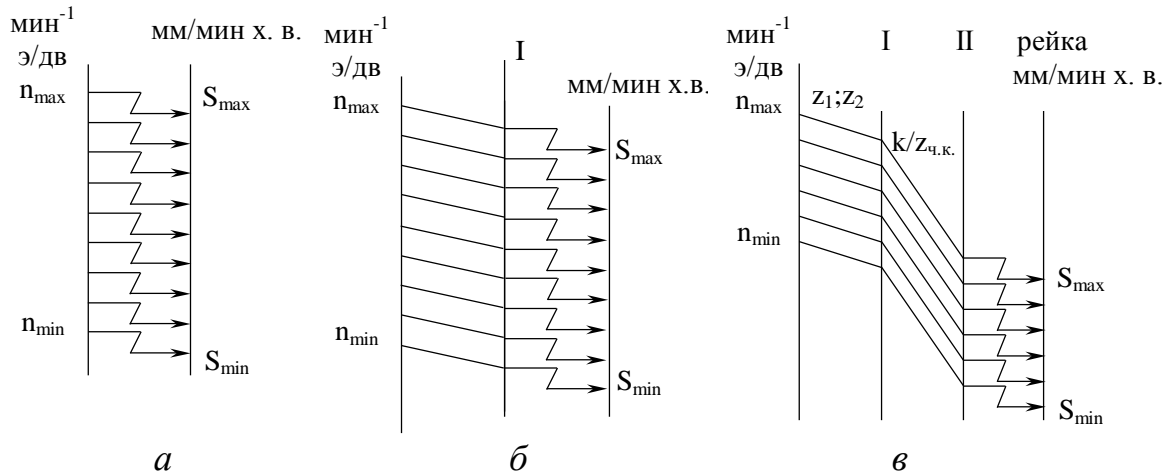


Рисунок 4.7- Графики чисел подач:

a – с передачей винт – гайка (ШВП);

б – с постоянной зубчатой передачей и ШВП

в - с зубчатой, червячной и реечной передачей

Для схемы, представленной на рис. 4.7, в проводим расчет следующим образом:

$$s_{\min} = \frac{n_{\text{э/д}}_{\min} \cdot U_{\text{цети}}}{n_{\text{шп}}_{\min}} = \frac{n_{\text{э/д}}_{\min} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{k}{z_k} \cdot \pi \cdot m \cdot z}{n_{\text{шп}}_{\min}};$$

$$s_{\max} = \frac{n_{\text{э/д}}_{\max} \cdot U_{\text{цети}}}{n_{\text{шп}}_{\max}}.$$

Откуда

$$n_{\text{э/д}}_{\min} = \frac{s_{\min} \cdot n_{\text{шп}}_{\min}}{\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{k}{z_{r.k}} \cdot \pi \cdot m \cdot z_k} \geq 0.2 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_{\text{э/д}}_{\max} = \frac{s_{\max} \cdot n_{\text{шп}}_{\max}}{\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{k}{z_{r.k}} \cdot \pi \cdot m \cdot z_k}.$$

Назначаем передаточное отношение зубчатой цилиндрической

прямоугольной передачи $U_1 = \frac{z_1}{z_2}$, учитывая, что

$$\frac{1}{5} \leq U_1 \leq 2.8;$$

передаточное отношение червячной передачи $U_2 = \frac{k}{z_{r.k}}$, учитывая, что

$$\frac{1}{64} \leq U_2 \leq \frac{1}{20},$$

при числе заходов червяка $k=1$;

модуль рейки $m = 2 \dots 3$ мм;

число зубьев реечного колеса $z_k = 10 \dots 16$.

Выбираем тип двигателя (см. приложение 3).

5 РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ

5.1 Приближенный расчет валов привода главного движения

1) На графике частот вращения (ГЧВ) валов выделяем расчетную цепь (рис. 5.1), причем номер расчетной ступени на последней вертикали определяем по формуле:

$$j > \frac{z}{4},$$

где z – число горизонталей на ГЧВ.

Пример. В примере $z = 6$, тогда:

$$j = \frac{6}{4} = 1,5.$$

Принимаем $j = 2$, т.е. вторая снизу ступень. Ветвь ГЧВ, приходящаяся в эту точку, является расчетной для последней группы передач. Для остальных групп расчетными являются нижние ветви.

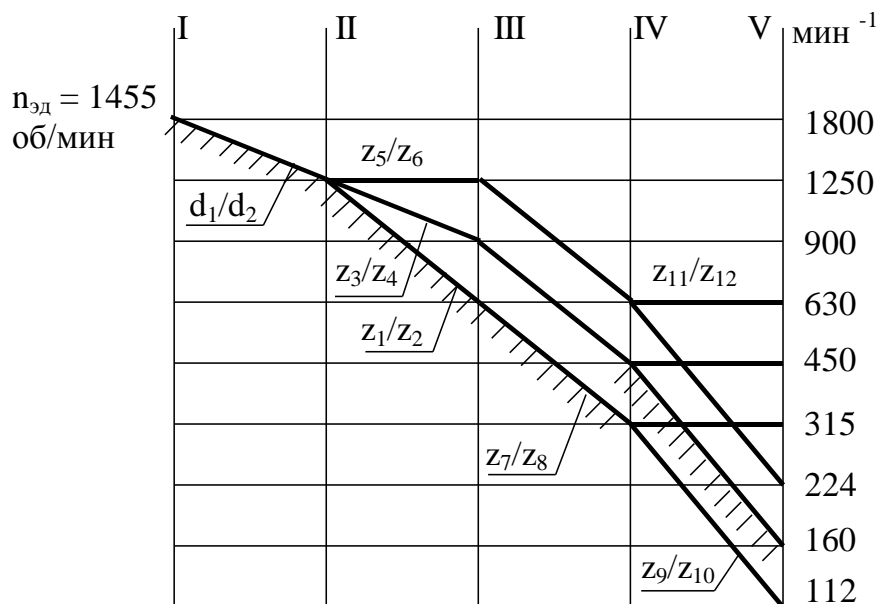


Рисунок 5.1 - Расчетная цепь

2) Определяем общий к.п.д. от электродвигателя до каждого вала, приняв следующие значения к.п.д. отдельных механических звеньев: к.п.д. клиноременной передачи $\eta_p = 0,96$;

к.п.д. зубчатой передачи

$\eta_3 = 0,98$;

к.п.д. червячной передачи

$\eta_4 = 0,75$;

к.п.д. пары подшипников

$\eta_n = 0,99$.

Результаты расчета к.п.д. сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Результаты расчета к.п.д. на валах

№ вала	Общий к.п.д. η_i
II	$\eta_{II} = \eta_p \cdot \eta_{II} = 0,96 \cdot 0,99 = 0,95$
III	$\eta_{III} = \eta_p \cdot \eta_{II}^2 \cdot \eta_3 = 0,96 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 = 0,92$
IV	$\eta_{IV} = \eta_p \cdot \eta_{II}^3 \cdot \eta_3^2 = 0,96 \cdot 0,99^3 \cdot 0,98^2 = 0,89$
V	$\eta_{IV} = \eta_p \cdot \eta_{II}^4 \cdot \eta_3^3 = 0,96 \cdot 0,99^4 \cdot 0,98^3 = 0,86$

3) Определяем расчетные крутящие моменты на валах по формуле:

$$M_{k_i} = 9740 \cdot \frac{N_{эд}}{n_{p_i}} \cdot \eta_i \text{ (Н} \cdot \text{м)},$$

где n_{p_i} – расчетная частота вращения i -го вала (определяется по точкам, выделенным на ГЧВ);

η_i – общий к.п.д. до соответствующего вала.

$$M_{k_{II}} = 9740 \cdot \frac{7,5}{1250} \cdot 0,95 = 55,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_{III}} = 9740 \cdot \frac{7,5}{630} \cdot 0,92 = 106,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_{IV}} = 9740 \cdot \frac{7,5}{315} \cdot 0,89 = 206,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_V} = 9740 \cdot \frac{7,5}{160} \cdot 0,86 = 392,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутящий момент на шестерне 4-го вала:

$$M'_{k_{IV}} = 9740 \cdot \frac{7,5}{450} \cdot 0,89 = 144,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Результаты расчета сводим в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Крутящие моменты на валах

№ вала	II	III	IV	V	IV'
M_{k_i} (Н·м)	55,5	106,7	206,4	392,6	144,5

4) Определяем для каждого вала расчетные полярные моменты сопротивления W_{k_i} по допускаемым напряжениям кручения/12/. Влияние изгиба учитываем, снижая величину $[\tau_k]$.

Принимаем предварительно в качестве материала для валов сталь 45, для которой $[\tau_k] = (25 \dots 30)$ МПа.

Условие прочности при кручении:

$$W_{k_i} \geq \frac{M_{k_i}}{[\tau_k]} \text{ (м}^3\text{)}$$

$$\text{Для вала II } W_{k_{II}} = \frac{55,2}{25 \cdot 10^6} = 2,22 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2,22 \text{ см}^3.$$

$$\text{Для вала III } W_{k_{III}} = \frac{106,7}{25 \cdot 10^6} = 4,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 4,27 \text{ см}^3.$$

Для вала IV $W_{k_{IV}} = \frac{206,4}{25 \cdot 10^6} = 8,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2,22 \text{ см}^3$.

Для вала V $W_{k_V} = \frac{392,6}{25 \cdot 10^6} = 15,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 15,7 \text{ см}^3$.

По справочным таблицам (табл. 5.3) подбираем параметры валов II, III, IV из условия:

$$W_{k \text{ табл}} \geq W_{k \text{ расч}}$$

Таблица 5.3
(фрагмент)

№ вала	$W_{k \text{ расч}}, \text{ см}^3$	Шлицевый вал		Гладкий вал со шпонкой	
		$z \times d \times D \text{ (мм)}$	$W_{k \text{ табл}}, \text{ см}^3$	$d, \text{ мм}$	$W_{k \text{ табл}}, \text{ см}^3$
II	2,22	6×23×26	2,74	23	2,23
III	4,27	6×28×32	4,96	30	4,97
IV	8,26	10×32×40	8,38	37	9,24

По таблицам 5.7 и 5.8 подбираем для вала V:
шлицевый вал 8х42х46 ($W_{k \text{ табл}} = 15,96 \text{ см}^3$);
гладкий вал со шпонкой $d = 45 \text{ мм}$ ($W_{k \text{ табл}} = 16,74 \text{ см}^3$).

5.2 Указания по расчету шпиндельного вала

Для токарных, токарно-винторезных, токарно-револьверных, горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станков шпиндель на прочность не рассчитывается. Его диаметр в передней опоре выбирают в зависимости от мощности по таблице /6, 13/. Конец шпинделя - по ГОСТу. Например, по ГОСТу 12595-85 «Металлорежущие станки. Концы шпинделей фланцевые типа А». Остальные размеры – конструктивно.

в) для станков сверлильно – расточной группы последним валом является полая гильза с внутренними шлицами для шпинделя (рис.5.2).

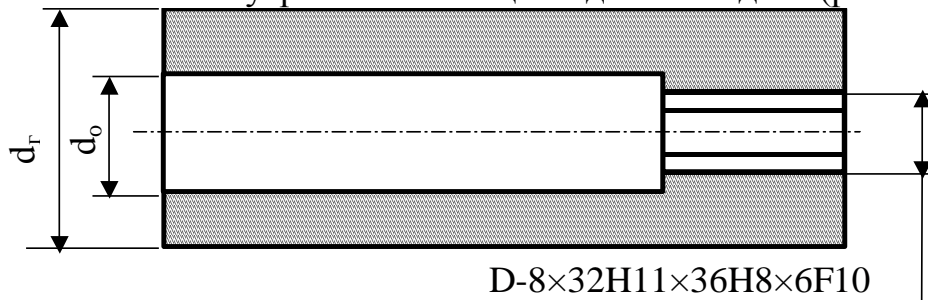


Рисунок 5.2 - Гильза с внутренними шлицами для шпинделя

Условие прочности шлицевого конца шпинделя:

$$W_k \geq \frac{M_k}{[\tau_o]} \quad (\text{м}^3),$$

где $[\tau_o]$ – предел выносливости при пульсирующем цикле нагружения.

Принимаем в качестве материала для шпинделя сталь 45 с закалкой и отпуском до HRC 38...48, для которой $[\tau_o] = 160 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 160 \text{ МПа}$.

$$\text{Тогда } W_k = \frac{392,6}{160 \cdot 10^6} = 2,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2,45 \text{ см}^3.$$

По таблице 5.7 подбираем параметры шлицев:

$$6 \times 23 \times 26 \quad (W_{\text{табл}} = 2,74 \text{ см}^3).$$

Эти параметры принимаем для шлицевого отверстия гильзы.

Диаметр гладкого отверстия гильзы принимаем из условия:

$$d_o = D + (2 \dots 5) \text{ мм},$$

где D – наружный диаметр шлицев, мм.

Принимаем $d_o = 26 + 4 = 30 \text{ мм}$.

Наружный диаметр гильзы определяем по практическому соотношению:

$$d_r = \frac{d_o}{0,6}$$

$$\text{Принимаем } d_r = \frac{30}{0,6} = 50 \text{ мм}.$$

5.3. Расчет зубчатых передач на прочность

Исходные данные:

$z_{\text{ш}}$ – число зубьев шестерни (меньшего колеса зубчатой пары);

Y – коэффициент формы зуба;

M_k – крутящий момент на шестерне;

$n_{\text{ш}}$ – частота вращения шестерни (по ГЧВ);

i – передаточное число.

Справочные таблицы/14-17:

Таблица 5.4

Допускаемые напряжения для зубьев колес

Материал	Термообработка	Твердость	Допускаемые напряжения (Н/м ²)	
			$[\sigma_{\text{н}}]$	$[\sigma_{\text{к}}]$
Сталь 45	Нормализация	HB 160 – 217	$1,4 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^6$
	Улучшение	HB 250 – 250	$1,8 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^6$
	Закалка по сечению	HRC _э 38 – 48	$2,6 \cdot 10^6$	$10,0 \cdot 10^6$
	Закалка по профилю	HRC _э 48 – 55	$2,6 \cdot 10^6$	$14,5 \cdot 10^6$
Сталь 40X	Улучшение	HB 230 – 260	$2,2 \cdot 10^6$	$6,5 \cdot 10^6$
	Закалка по сечению	HRC _э 45 – 50	$3,8 \cdot 10^6$	$13,5 \cdot 10^6$
	Закалка по профилю	HRC _э 48 – 55	$3,2 \cdot 10^6$	$14,5 \cdot 10^6$
Сталь 20X	Цементация и	HRC _э 56 – 62	$3,2 \cdot 10^6$	$16,5 \cdot 10^6$

	закалка			
Сталь 18ХГТ	То же	То же	$4,0 \cdot 10^6$	$17,5 \cdot 10^6$
Сталь 12ХНЗ	То же	То же	$3,5 \cdot 10^6$	$17,0 \cdot 10^6$

Таблица 5.5

Коэффициент формы зуба у

z	18	19	20	21	22	24	26	28
y	0.098	0.099	0.100	0.101	0.103	0.105	0.107	0.11
30	32	35	37	40	45	50	60	80
0.113	0.116	0.120	0.123	0.128	0.133	0.136	0.140	0.148

Таблица 5.6

Коэффициент динамической нагрузки К_д

Степень точности	Термообработка	Окружная скорость V (м/с)			
		Менее 1м/с	Свыше 1 до 3 м/с	Свыше 3 до 8 м/с	Свыше 8 до 12 м/с
7	Нормализация, улучшение	1	1,25	1,45	1,55
	Закалка	1	1,2	1,3	1,4
8	Нормализация, улучшение	1	1,35	1,55	-
	Закалка	1	1,3	1,4	-

Таблица 5.7

Моменты сопротивления шлицевых валов
с прямобочными шлицами

Легкая серия			Средняя серия			Тяжелая серия		
z·d·D	W _к	W	z·d·D	W _к	W	z·d·D	W _к	W
6·23·26	2,74	1,368	6·11·14	0,356	0,178	10·16·20	1,05	0,525
6·26·30	3,93	1,966	6·13·16	0,558	0,279	10·18·23	1,581	0,791
6·28·32	4,96	2,48	6·16·20	0,766	0,383	10·21·26	2,27	1,133
8·32·36	7,26	3,63	6·18·22	1,483	0,742	10·23·29	3,29	1,645
8·36·40	10,28	5,14	6·21·25	3,01	1,503	10·26·32	4,38	2,19
8·42·46	15,96	7,98	6·23·28	3,47	1,734	10·28·35	5,44	2,72
8·46·50	20,9	10,46	6·26·32	4,22	2,11	10·32·40	8,38	4,19
8·52·58	31,0	15,5	6·28·34	5,34	2,67	10·36·45	11,44	5,72
8·56·62	37,9	18,93	8·32·42	7,74	3,87	10·42·52	18,12	9,06
8·62·68	51,6	25,8	8·36·42	10,9	5,45	10·46·56	23,9	11,93
10·72·78	80,4	40,2	8·42·48	16,78	8,39	16·52·60	32,2	16,1

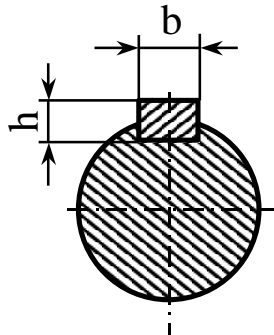
10·82·88	115,4	57,7	8·46·54	22,9	11,49	16·56·65	42,2	21,1
10·92·98	162,6	81,3	8·52·60	32,2	16,1	16·62·72	55,4	27,7
10·102·108	220,0	110,2	8·56·65	39,9	19,95	16·72·82	82,6	41,4
10·112·120	298,0	148,8	8·62·72	55,2	27,6	20·82·92	120,1	60,6
			10·72·72	86,0	43	20·92·102	170,2	85,1
			10·82·92	121,2	60,6	20·102·115	219,0	109,4
			10·92·102	170,2	65,1	20·112·125	313,0	156,3
			10·102·112	231,0	115,3			
			10·112·125	313,0	156,3			

W_K , (см³) – момент сопротивления кручению (полярный момент);

W , (см³) – момент сопротивления изгибу.

Таблица 5.8

Моменты сопротивления гладких валов и валов,
ослабленных пазом для одной шпонки (по ГОСТ 8788-58)



d, мм	b · h, мм	W_K	W	d, мм	b · h, мм	W_K	W
20	6 · 6	1,440	0,655	50	16 · 10	22,9	10,65
21		1,680	0,77				
22		1,940	0,897				
23		2,23	1,038				
24		2,55	1,192				
25	8 · 7	2,81	1,275	58	18 · 11	36,0	16,81
26		3,18	1,453	60		40,0	18,76
28		4,01	1,855	62		44,3	20,9
30		4,97	2,32	65		51,2	24,3
						68	58,4
32	10 · 8	5,94	2,13	70	22 · 14	63,8	30,2
34		7,19	3,33	72		60,7	33,0
35		7,87	3,66	75		79,0	37,6
				78		89,2	42,6
				80		95,0	44,7
37	12 · 8	9,24	4,27	82	24 · 14	102,6	48,4
38		10,04	4,66	85		114,6	54,3
40		11,79	5,51	88		127,5	60,6
42		13,72	6,43				

				90		136,7	65,1
44		15,61	7,25	92		144,3	67,9
45		16,74	7,8	95		159,4	75,3
46	14 · 9	17,93	9,38	98	28 · 16	175,5	83,1
47		19,17	8,98	100		186,9	88,7
48		20,5	9,62	105		217,0	103,7

W_K – момент сопротивления кручению (полярный момент);

W – момент сопротивления изгибу.

3). Коэффициент ширины зуба

$$\psi = b / m$$

где b – ширина зуба, мм;

m – модуль зацепления, мм.

Рекомендуемые значения ψ : $\psi = 8 \dots 10$.

Допускаемые значения ψ : $[\psi] = 8 \dots 10$.

Стандартные значения модулей, рекомендуемые при проектировании станков:

$$m = 1,5; 2; 2,5; 3; 4 \text{ (мм)}.$$

Передаточное число определяется по формуле

$$i = z_b / z_m,$$

где z_b, z_m – числа зубьев соответственно большего и меньшего колес рассчитываемой передачи.

Расчет производится для наиболее нагруженных передач, выделенных на ГЧВ. В каждой передаче рассчитывают шестерню, то есть меньшее колесо. Полученные значения модулей принимают для остальных передач рассматриваемой группы.

Используя данные предыдущих расчетов (См. п. 5.1, пример), составляем таблицу исходных данных (табл. 5.9)

Таблица 5.9

Исходные данные для расчета модулей

Рассчитываемая передача	z_m	y	M_K	n_m
$\frac{z_1}{z_2} = \frac{24}{48}$	24	0,105	55,5	1250
$\frac{z_7}{z_8} = \frac{20}{40}$	20	0,1	106,7	630

$\frac{z_9}{z_{10}} = \frac{18}{50}$	18	0,098	144,5	450
--------------------------------------	----	-------	-------	-----

Предварительно принимаем для всех колес материал – сталь 45, закаленную по профилю для которой:

$$\text{HRC}_{\text{Э}} 48 \dots 55; [\sigma_{\text{н}}] = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2; [\sigma_{\text{к}}] = 14,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Ориентировочно принимаем $\psi = 8$.

Степень точности – 7^{-я}.

Предварительный расчет модулей производим по формуле:

$$m = \sqrt[3]{\frac{6,35 \cdot M_{\text{к}}}{y \cdot \psi \cdot z_{\text{и}} \cdot [\sigma_{\text{н}}]}} \text{ (м)}$$

Передача $z_1 / z_2 = 24 / 48$.

$$m = \sqrt[3]{\frac{6,35 \cdot 55,5}{0,105 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 2,6 \cdot 10^6}} = 0,00189 \text{ м} = 1,89 \text{ мм}.$$

Принимаем $m = 2$ мм.

Передача $z_7 / z_8 = 20 / 40$.

$$m = \sqrt[3]{\frac{6,35 \cdot 106,7}{0,1 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 2,6 \cdot 10^6}} = 0,00254 \text{ м}.$$

Принимаем $m = 3$ мм.

Передача $z_9 / z_{10} = 18 / 50$.

$$m = \sqrt[3]{\frac{6,35 \cdot 144,5}{0,098 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 2,6 \cdot 10^6}} = 0,00293 \text{ м}$$

Принимаем $m = 3$ мм.

7). Производим проверочные расчеты с учетом динамических нагрузок.

Условие прочности по напряжениям изгиба:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{6,35 \cdot 10^6}{m^3 \cdot \psi \cdot z_{\text{и}} \cdot y} \cdot M_{\text{к}} \cdot K_{\text{д}} \text{ Н/м}^2 \leq [\sigma_{\text{и}}]$$

Условие прочности по контактным напряжениям:

$$\sigma_{\text{к}} = \frac{6700 \cdot 10^3}{z_{\text{и}} \cdot m} \cdot \sqrt{\frac{(i+1) \cdot 10^3}{i \cdot m(\psi - 2,1)}} M_{\text{к}} \cdot K_{\text{д}} \text{ Н/м}^2 \leq [\sigma_{\text{к}}]$$

Примечание: Для колес, находящихся в постоянном зацеплении, то есть не переключаемых (без скосов), вместо $(\psi - 2,1)$ подставлять ψ .

Передача $z_1 / z_2 = 24 / 48$.

Окружная скорость шестерни:

$$V = \frac{\pi \cdot m \cdot z_u \cdot n_u}{60000} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 1250}{60000} = 3,14 \text{ м/с}; K_o = 1,3 (\text{таблица 6.7}).$$

$$\sigma_u = \frac{6,35 \cdot 10^6}{2^3 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 0,105} \cdot 55,3 \cdot 1,3 = 2,84 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 > [\sigma_u]$$

$$\sigma_k = \frac{6700 \cdot 10^3}{24 \cdot 2} \cdot \sqrt{\frac{(2+1) \cdot 10^3}{2 \cdot 2(8-2,1)}} \cdot 55,5 \cdot 1,3 = 13,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_k]$$

Условие $\sigma_{и} \leq [\sigma_{и}]$ не выполняется.

Увеличиваем ширину шестерни, приняв $\Psi = 10$.

Тогда

$$\sigma_{и} = \frac{6,35 \cdot 10^6}{2^3 \cdot 10 \cdot 24 \cdot 0,105} \cdot 55,5 \cdot 1,3 = 2,27 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_{и}].$$

Окончательно принимаем для передач первой группы:

$m = 2$ мм; $\Psi = 10$; материал – ранее принятый.

Примечание: если хотя бы одно из условий прочности не выполняется, то следует: а) увеличить Ψ , имея в виду, что $\Psi > 10$ не рекомендуется; б) изменить ранее принятый материал, приняв сталь с более высокими $\sigma_{и} \leq [\sigma_{и}]$; в) в крайнем случае можно увеличить модуль.

Передача $z_7 / z_8 = 20 / 40$ не переключаемая ($m = 3$ мм).

Окружная скорость шестерни:

$$V = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 630}{60000} = 1,98 \text{ м/с}; K_o = 1,2 (\text{таблица 5.6}).$$

$$\sigma_u = \frac{6,35 \cdot 10^6}{3^3 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 0,1} \cdot 106,7 \cdot 1,2 = 1,88 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_u]$$

$$\sigma_k = \frac{6700 \cdot 10^3}{24 \cdot 2} \cdot \sqrt{\frac{(2+1) \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 8}} \cdot 106,7 \cdot 1,2 = 10 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_k]$$

Оба условия прочности выполняются. Окончательно принимаем для передачи z_7 / z_8 ранее принятые значения, то есть $m = 3$ мм; $\Psi = 8$; материал – сталь 45, закаленная по профилю.

Передача $z_9 / z_{10} = 18 / 50$.

Окружная скорость шестерни:

$$V = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 18 \cdot 450}{60000} = 1,27 \text{ м/с}; K_o = 1,2 \text{ (таблица 5.6).}$$

$$\sigma_u = \frac{6,35 \cdot 10^6}{3^3 \cdot 8 \cdot 18 \cdot 0,098} \cdot 144,5 \cdot 1,2 = 2,89 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 > [\sigma_u]$$

$$\sigma_k = \frac{6700 \cdot 10^3}{18 \cdot 3} \cdot \sqrt{\frac{(2,78 + 1) \cdot 10^3}{2,78 \cdot 3 \cdot (8 - 2,1)}} \cdot 144,5 \cdot 1,2 = 14,3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_k]$$

Условие $\sigma_{\text{н}} \leq [\sigma_{\text{н}}]$ не выполняется.

Увеличиваем ширину шестерни, приняв $\Psi = 10$.

Тогда

$$\sigma_u = \frac{6,35 \cdot 10^6}{3^3 \cdot 9 \cdot 18 \cdot 0,098} \cdot 144,5 \cdot 1,2 = 2,57 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 < [\sigma_u].$$

Окончательно принимаем для передач первой группы:

$m = 3 \text{ мм}$; $\Psi = 9$; материал – ранее принятый.

Диаметры окружностей основной (делительной) D_o , выступов – D_e и впадин – D_r зубчатых колес определяем по формулам:

$$D_o = m \cdot z \text{ (мм)}; D_e = D_o + 2 \cdot m \text{ (мм)}; D_r = D_o + 2,4 \cdot m \text{ (мм)}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 5.10:

Таблица 5.10

Зубчатые колеса	Модуль m (мм)	Ψ	Ширина зуба B (мм) $B = \Psi \cdot m$	D_o (мм)	D_e (мм)	D_r (мм)	Материал и твердость
Z_1 Z_2 Z_3 Z_4 Z_5 Z_6	2	10	20	48 96 60 84 72 72	52 100 64 88 76 76	43,2 91,2 55,2 79,2 67,2 67,2	Сталь 45, HRC ₃ 48 – 55
Z_7 Z_8	3	8	24	60 120	66 126	53,4 113,4	Сталь 45, HRC ₃ 48 – 55
Z_9 Z_{10} Z_{11} Z_{12}	3	9	27	54 150 102 102	60 156 108 108	47,4 143,4 105,4 105,4	Сталь 45, HRC ₃ 48 – 55



jsredir.htm

Расчет валов на прочность.

http://yandex.ru/clck/jsredir?bu=g6zv36&from=yandex.ru%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text=&etext=2202.0FNXqrb0K6g8gezc6HRR_LeRjHh1AGwcxRAU5sdBCgbVqamsWhGolAK5E83sxnHH2-zR1xC6RandfirEXzCSFiM0fvf8GSuxdcD_BysbuP66iEQuO3_tDpCQWld-YaW2dG9rZmh1eXRqenlqdhf0Yw.e16bbad86d493394f53852c9c42ef20683ef9a83&uuid=&state=jLT9ScZ_wbo,&&ctst=AiuY0DBWFJ5wM1vcHtsEOHezhITpOhom9efF6_IebyP33LIn8N7VL0XG4n-9n6CbLLLpHNGz7Cea1R5pLqzQ4FNoYgVHs_XzEWAwkjqwFVQ0IIQwu2gvTrGevVU9861hjcQq5W8iBd8Y5vipnOlsramnG_E82xLr4Whe04fS-XYcyw1KjISI7o0Mblajp3REmBm1VM5QP4g9SllKVwakqytW9QZnOc4dtWCxq_uJrSNN5USa5M5tAmaZwmqRxYdpTFu0IO-lMd1YiGDKIN2-ZSoPUwtV-T4trJ0lRx5XO66gAg05si_Zjw-vSN0gpH42U1GgNzryeD2ITVPqnzYm2XyLb_ojs-A3LiSAnb2y-OLZSrlL56HbOOjftgPPO1Ucq32JsvTpZajY2L70HCDm_I-WlckIiSARaI8RCs7K7llq4DYD2vpJP_BRhYtKatclqDKn-xgxyotWw7bxXkBQC3NYkCFi4xqN&data=UINrNmK5WktYeJR0eWJFYk1LdmtxbXNxb0xCSTJteG42NHVgdUJJd2p2N1o3OTMzWGhvdEdvMVpDQjNXVUp1aTJRTzg1X19HX3EzMFpEbXhHVkxNR3Z6LVdBU2ZibC05QW5DYzBZHd0aVks&sign=c7011fe8ba6616137422c5e156a77603&keyno=0&b64e=2&ref=orjY4mGPRjk5boDnW0uvlr71vZw9kpMsk2XFkuziH3D9gHL4yBJQRcLxRn2_KV6QKcfaGDuDXWcZjRGo5tdcGunXh_YNuAZ-uQI-6wkZD4KOAOPolOXHFUJsCB1v0IGx9N8kDbojE_0d1XYkJVNwTmY9RcKgJjd-arCYcfXX8l5yPIPZBA2cbPqo3rGWeMoZ_GnPKAWVgz7jNvtLxvSvxBZ9FRuQDCuVzq8fvfM6AhBrOQdgsYESP8VdT1t8j2vOOaMoWQ4vqk_BgCWkUzNnQ4PC7k9lvNNPPhZHI5ARYCceN-CfxjWjLhQd75th9KdFrLDoh2hLG-qdjIYXjqF41JNZ0cZDRepEgACjkheiIx9dOHk2o58wcsH5F5v2T40bXdChAUdQdGjnsf9P3JGI6_6AtBMK9HCgx67i03DU,&l10n=ru&rp=1&cts=1583911106529%40%40events%3D%5B%7B%22event%22%3A%22click%22%2C%22id%22%3A%22g6zv36%22%2C%22cts%22%3A1583911106529%2C%22fast%22%3A%7B%22organic%22%3A1%7D%2C%22service%22%3A%22web%22%2C%22event-id%22%3A%22k7mzrzkkxk%22%7D%5D&mc=5.026861529791033&hdtme=347916.875

5.4. Уточненный расчет вала на прочность

ПРИМЕР.

Исходные данные:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 48; & m &= 2 \text{ мм}; \\ Z_2 &= 20; & m &= 3 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Крутящий момент на валу III:

$$M_{K_{III}} = 106,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Осевые размеры и относительные положения валов – по компоновке.

2). Расчетная схема и эпюры моментов (рис. 5.3).

3). Определяем окружные и радиальные силы в зубчатых зацеплениях.

Сечение "а-а"

$$P_1 = \frac{2 \cdot M_K}{Z_2 \cdot m} = \frac{2 \cdot 106,7}{48 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2223 \text{ Н};$$

$$R_1 = 0,48 \cdot P_1 = 0,48 \cdot 2223 = 1067 \text{ Н}.$$

Сечение "в-в"

$$P_2 = \frac{2 \cdot M_K}{Z_7 \cdot m} = \frac{2 \cdot 106,7}{20 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 3557 \text{ Н};$$

$$R_2 = 0,48 \cdot P_2 = 0,48 \cdot 3557 = 1707 \text{ Н}.$$

4). Определяем усилия, действующие на вал, опорные реакции и изгибающие моменты.

Горизонтальная плоскость (X):

$$P_x = P_1 \cdot \cos \gamma - R_1 \cdot \sin \gamma = 2223 \cdot 0,766 - 1067 \cdot 0,643 = 1017 \text{ Н};$$

$$Q_x = P_2 = 3557 \text{ Н}.$$

Условия равновесия:

$$A_x \cdot 0,375 - Q_x \cdot 0,34 - P_x \cdot 0,20 = 0;$$

$$A_x \cdot 0,375 - 3557 \cdot 0,34 - 1017 \cdot 0,20 = 0;$$

$$A_x = 3767 \text{ Н}.$$

$$-B_x \cdot 0,375 + P_x \cdot 0,175 + Q_x \cdot 0,035 = 0;$$

$$-B_x \cdot 0,375 + 1017 \cdot 0,175 + 3557 \cdot 0,035 = 0;$$

$$B_x = 807 \text{ Н}.$$

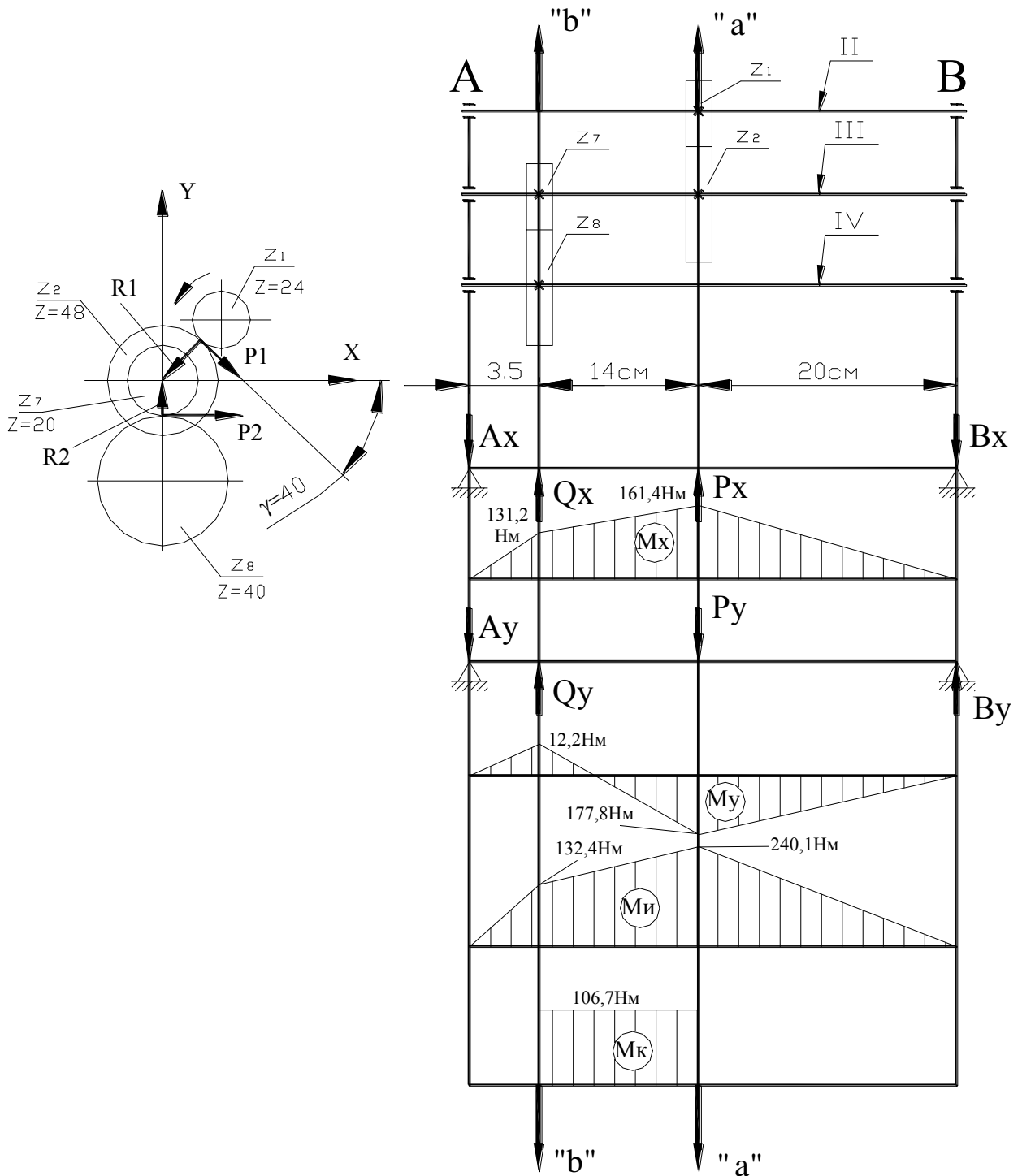


Рисунок 5.3 – Расчетная схема и эпюры моментов

Проверка: $Q_x + P_x - A_x - B_x = 3557 + 1017 - 3767 - 807 = 0$.

Изгибающие моменты:

Сечение «а - а»

$$M_x = B_x \cdot 0,020 = 807 \cdot 0,020 = 16,14 H \cdot м.$$

Сечение «в - в»

$$M_x = A_x \cdot 0,035 = 3767 \cdot 0,035 = 131,8 H \cdot м.$$

Вертикальная плоскость

$$P_y = -P_1 \cdot \sin \gamma - R_1 \cdot \cos \gamma = -22230,643 - 10670,766 = -2247H;$$

$$Q_y = R_2 = 1707H.$$

Условия равновесия:

$$A_y \cdot 0,375 - Q_y \cdot 0,34 + P_y \cdot 0,20 = 0;$$

$$A_y \cdot 0,375 - 1707 \cdot 0,34 + 2247 \cdot 0,20 = 0;$$

$$A_y = 349H.$$

$$B_y \cdot 0,375 - P_y \cdot 0,175 + Q_y \cdot 0,035 = 0;$$

$$B_y \cdot 0,375 - 2247 \cdot 0,175 + 1707 \cdot 0,035 = 0;$$

$$B_y = 889H.$$

Проверка: $-A_y + Q_y - P_y + B_y = -349 + 1707 - 2247 + 889 = 0.$

Изгибающие моменты:

Сечение «а - а» $M_y = B_y \cdot 0,20 = 889 \cdot 0,20 = 177,8H \cdot м.$

Сечение «в - в» $M_y = A_y \cdot 0,035 = 349 \cdot 0,035 = 12,2H \cdot м.$

5). Суммарный изгибающий момент в каждом сечении определяем по формуле:

$$M_H = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}.$$

Сечение «а - а» $M_H = \sqrt{161,4^2 + 177,8^2} = 240,1H \cdot м.$

Сечение «в - в» $M_H = \sqrt{131,8^2 + 12,2^2} = 132,4H \cdot м.$

Опасным считается сечение «а - а».

Определяем для этого сечения приведенный момент:

$$M_{пр} = \sqrt{M_H^2 + 0,75 \cdot M_K^2} = \sqrt{240,1^2 + 0,75 \cdot 106,7^2} = 257,3H \cdot м.$$

Условие прочности:

$$\sigma_H = \frac{M_{пр}}{W} \leq [\sigma_H],$$

где W – момент сопротивления изгибу в опасном сечении;

$[\sigma_H]$ – допускаемые напряжения изгиба. (табл. 5.11)

Примечание: для шлицевых валов $W = 0,5 W_K$.

Для рассчитываемого вала ранее были приняты:

- параметры шлицев: $6 \cdot 28 \cdot 32$ ($W_K = 4,96 \text{ см}^3$; $W = 2,48 \text{ см}^3$);

- материал – сталь 45, нормализованная.

По таблице (6.12) устанавливаем

$$[\sigma_H] = 75 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

($d = 30$ мм, источник концентрации напряжений – насаженная на вал шестерня).

Производим проверку вала на прочность:

$$\sigma_H = \frac{257,3}{2,48 \cdot 10^{-6}} = 103,7 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Условие прочности не выполняется.

Принимаем для шлицевого вала параметры:

$$6 * 28 * 32 (W=3,63 \text{ см}^3), \text{ материал – тот же.}$$

Тогда

$$\sigma_H = \frac{257,3}{3,63 \cdot 10^{-6}} = 70,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Аналогично производят расчет гладкого вала.

Примечание: если условие прочности не соблюдается, следует:

применять сталь с более высокими прочностными характеристиками; увеличивать размеры вала (W), как это сделано в примере; или использовать оба указанных приема.

Таблица 5.11

Допускаемые напряжения для валов $[\sigma_H]$, Н/м²

Источник концентрации и напряжений	Диаметр вала (мм)	Стали и термическая обработка			
		Сталь 35 нормализованная $\sigma_{-1} = 250 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$	Сталь 45 нормализованная $\sigma_{-1} = 280 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$	Сталь 35 улучшенная $\sigma_{-1} = 350 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$	Сталь 35 улучшенная $\sigma_{-1} = 400 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$
Насаженная на вал деталь (шестерня, шкив) с острыми кромками	30	$70 \cdot 10^6$	$75 \cdot 10^6$	$85 \cdot 10^6$	$90 \cdot 10^6$
	50	$65 \cdot 10^6$	$70 \cdot 10^6$	$80 \cdot 10^6$	$85 \cdot 10^6$
	100	$70 \cdot 10^6$	$65 \cdot 10^6$	$75 \cdot 10^6$	$80 \cdot 10^6$
Насаженное на вал кольцо подшипника качения	30	$90 \cdot 10^6$	$100 \cdot 10^6$	$115 \cdot 10^6$	$120 \cdot 10^6$
	50	$85 \cdot 10^6$	$95 \cdot 10^6$	$105 \cdot 10^6$	$110 \cdot 10^6$
	100	$75 \cdot 10^6$	$85 \cdot 10^6$	$100 \cdot 10^6$	$100 \cdot 10^6$

Примечание: $[\sigma_H]$ определены по формуле:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{-1}}{n \cdot \frac{K\sigma}{\varepsilon}}$$

Библиографический список

1. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. Н. Иванова, В. П. Борискин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 708 с. - ISBN 978-5-94178-124-9 : *Гриф: УМО АМ.*
2. Станочное оборудование автоматизированного производства. Под ред. В.В. Бушуева. - М.: изд-во "Станкин", 1994.-656с.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т 1, 2, 3. Под ред. А.С. Проникова.- М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994.
4. Компьютерные технологии проектирования многооперационного станка: статья/ Яцун Е.И., Сидорова В.В. Студенч.науч.вестник «Международный молодежный научный форум-олимпиада по приоритетным направлениям развития РФ»: М., МГТУим.Э.Баумана. 2010. С.347-350.
5. Некоторые вопросы синтеза конструкций малогабаритных многооперационных станков с ЧПУ: статья/Яцун Е.И., Золотухин А.А./ Материалы межд. научно-техн. конф. «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» : ЮЗГУ Курск, Часть 2, 2010. С.65-69.
6. Металлорежущие станки. Учебник под ред. В.Э. Пуша.- М.: "Машиностроение", 1986 - 576с.
7. Программное управление станками. Учебник под ред. В.Л. Сосонкина. - М.: "Машиностроение", 1981 - 398с.
8. А.Г. Майоров. Устройства, основы конструирования и расчет металлорежущих станков и автоматических линий: учебное пособие для техникумов.- М.: "Машиностроение", 1986 - 386с.
9. Проников А.С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1989. - 432 с.
10. Тарзиманов Г.А. Проектирование металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1981. - 358 с.
11. Проников А.С. Металлорежущие станки и автоматы. -М.: Машиностроение, 1981. - 490 с.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение, Т.1-3. 2004..
13. Мамет О.П. Краткий справочник конструктора-станкостроителя. - М.: Машиностроение, 1968. - 616 с.

АТЛАСЫ:

14. Приводы машин. Типовые изделия приводов. Часть 5, книга 2. Под ред. проф. П.Н.Учаева. Москва-Курск, КурскГТУ. 2004. 455 с.
15. Муфты и тормоза. Часть 5, книга 3. Под ред. проф. П.Н.Учаева.

Москва-Курск, КурскГТУ. 2004. 295 с.

16. Редукторы и мотор-редукторы. Часть 5, книга 4. Под ред. проф. П.Н.Учаева. Москва-Курск, КурскГТУ. 2004. 455 с.
17. Привод механический управляемый. Муфты и тормоза. Часть 5, книга 6. Под ред. проф. П.Н.Учаева. Москва-Курск, КурскГТУ. 2004. 271 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел
(нормаль станкостроения Н11-1)

1,060	1,12	1,26	1,58	1,41	1,78	2,00	1,060	1,12	1,26	1,58	1,41	1,78	2,00
0,100	-	-	-		-		1,000	-	-	-	-	-	-
0,106							1,060						
0,112	-						1,120	-					
0,118							1,180						
0,125	-	-		-		-	1,250	-	-				
0,132							1,320						
0,140	-						1,400	-			-		
0,150							1,500						
0,160	-	-	-				1,600	-	-	-			
0,170							1,700						
0,180	-			-	-		1,800	-				-	
0,190							1,900						
0,200	-	-					2,000	-	-		-		-
0,212							2,120						
0,224	-						2,240	-					
0,236							2,360						
0,250	-	-	-	-		-	2,500	-	-	-			
0,265							2,645						
0,280	-						2,800	-			-		
0,300							3,000						
0,315	-	-			-		3,150	-	-			-	
0,335							3,350						
0,355	-			-			3,550	-					
0,375							3,750						
0,400	-	-	-				4,000	-	-	-	-		-
0,425							4,250						
0,450	-						4,500	-					
0,475							4,750						
0,500	-	-		-		-	5,000	-	-				
0,530							5,300						
0,560	-				-		5,600	-			-	-	
0,600							6,000						
0,630	-	-	-				6,300	-	-	-			
0,670							6,700						
0,710	-			-			7,100	-					
0,750							7,500						
0,800	-	-					8,000	-	-		-		-
0,850							8,500						
0,900	-						9,000	-					
0,950							9,500						

1,060	1,12	1,26	1,58	1,41	1,78	2,00	1,060	1,12	1,26	1,58	1,41	1,78	2,00
10,00	-	-	-		-		100,0	-	-	-		-	
10,60							106,0						
11,20	-			-			112,0	-					
11,80							118,0						
12,50	-	-					125,0	-	-		-		-
13,20							132,0						
14,00	-						140,0	-					
15,00							150,0						
16,00	-	-	-	-		-	160,0	-	-	-			
17,00							170,0						
18,00	-				-		180,0	-			-	-	
19,00							190,0						
20,00	-	-					200,0	-	-				
21,20							212,0						
22,40	-			-			224,0	-					
23,60							236,0						
25,00	-	-	-				250,0	-	-	-	-		-
26,45							264,5						
28,00	-						280,0	-					
30,00							300,0						
31,50	-	-		-	-	-	315,0	-	-			-	
33,50							335,0						
35,50	-						355,0	-			-		
37,50							375,0						
40,00	-	-	-				400,0	-	-	-			
42,50							425,0						
45,00	-			-			450,0	-					
47,50							475,0						
50,00	-	-					500,0	-	-		-		-
53,00							530,0						
56,00	-				-		560,0	-				-	
60,00							600,0						
63,00	-	-	-	-		-	630,0	-	-	-			
67,00							670,0						
71,00	-						710,0	-			-		
75,00							750,0						
80,00	-	-					800,0	-	-				
85,00							850,0						
90,00	-			-			900,0	-					
95,00							950,0						

1,060	1,12	1,26	1,58	1,41	1,78	2,00
1000	-	-	-	-	-	-
1060						
1120	-					
1180						
1250	-	-				
1320						
1400	-			-		
1500						
1600	-	-	-			
1700						
1800	-				-	
1900						
2000	-	-		-		-
2120						
2240	-					
2360						
2500	-	-	-			
2645						
2800	-			-		
3000						
3150	-	-			-	
3350						
3550	-					
3750						
4000	-	-	-	-		-
4250						
4500	-					
4750						
5000	-	-				
5300						
5600	-			-	-	
6000						
6300	-	-	-			
6700						
7100	-					
7500						
8000	-	-		-		-
8500						
9000	-					
9500						

Электродвигатели постоянного тока,
рекомендуемые к применению в приводах главного движения и приводах
подач

Тип электропривода	Тип электро-двигателя	Номин-я мощность электро-двигателя, кВт	Номин-е напряжение электро-двигателя, В	Частота вращения эл. дв. об/мин.	
				номин.	макс.
1	2	3	4	5	6
ЭТЗ-212-132М/750 У4	2ПФ-132 МГУ4	2,0	110	750	3000
ЭТЗ-212-132М/750 У4	2ПБ-132 МГУ4	1,1	110	750	3000
ЭТЗ-212-160М/750 У4	2ПБ-160 МГУ4	2,1	110	750	3000
ЭТЗ-212-132М/750 У4	2ПБ-132 МГУ4	2,4	110	1500	4000
ЭТЗ-212-160М/750 У4	2ПБ-160 МГУ4	2,5	110	1000	4000
ЭТЗ-212-160/750 У4	2ПБ-160 МГУ4	2,5	110	750	3000
ЭТЗ-221-43/1500 У4	ПБСТ-43 У4	2,8	220	1500	3600
ЭТЗ-221-53/1000 У4	ПБСТ-53 У4	3,3	220	1000	3000
ЭТЗ-221-62/1000 У4	ПБСТ-62 У4	4,7	220	1000	3000
ЭТЗ-221-63/1000 У4	ПБСТ-63 У4	5,4	220	1000	3000
ЭТЗ-221-62/1500 У4	ПБСТ-62 У4	7,2	220	1600	3600
ЭТЗ-221-63/1500 У4	ПБСТ-63 У4	7,8	220	1500	3600
ЭТЗ-222-132М/1500 У4	2ПФ-132 МГУ4	4,0	220	1500	4000
ЭТЗ-222-132/1000 У4	2ПФ-132 ГУ4	4,2	220	1000	3000
ЭТЗ-222-160М/750 У4	2ПФ-160 МГУ4	4,2	220	750	2500
ЭТЗ-222-132/1500 У4	2ПФ-132 ГУ4	5,5	220	1500	4000
ЭТЗ-222-160/750 У4	2ПФ-160 ГУ4	5,6	220	750	2500
ЭТЗ-222-160М/1000 У4	2ПФ-160 МГУ4	6,0	220	1000	3000
ЭТЗ-222-160М/1500 У4	2ПФ-160 МГУ4	7,5	220	1500	4000
ЭТЗ-222-160/1000 У4	2ПФ-160 ГУ4	8,0	220	1000	3000
ЭТЗ-222-180М/750 У4	2ПФ-180 МГУ4	9,0	220	750	2500

1	2	3	4	5	6
ЭТЗ-222-180/750 У4	2ПФ-160 ГУ4	10,0	220	1500	4000
ЭТЗ-223-132/1500 У4	2ПБ-132 ГУ4	3,2	220	1500	4000
ЭТЗ-223-160/1000 У4	2ПБ-160 ГУ4	3,2	220	1000	3000
ЭТЗ-223-180М/750 У4	2ПБ-180 МГУ4	3,4	220	750	2500
ЭТЗ-223-180/750 У4	2ПБ-180 ГУ4	4,2	220	750	2500
ЭТЗ-223-160М/1500 У4	2ПБ-180 МГУ4	4,5	220	1000	3000
ЭТЗ-223-160/1500 У4	2ПБ-160 ГУ4	5,3	220	1500	4000
ЭТЗ-223-180/1000 У4	2ПБ-180 ГУ4	5,6	220	1000	3000
ЭТЗ-223-220/750 У4	2ПБ-220 ГУ4	6,0	220	750	2500
ЭТЗ-224-160/750 У4	2ПО-160 ГУ4	3,2	220	750	2500
ЭТЗ-224-160/1000 У4	2ПО-160 ГУ4	4,0	220	1000	3000
ЭТЗ-224-180М/750 У4	2ПО-180 МГУ4	4,5	220	750	2500
ЭТЗ-224-180/750 У4	2ПО-180 ГУ4	5,2	220	750	2500
ЭТЗ-224-160М/1500 У4	2ПО-160 МГУ4	6,0	220	1500	4000
ЭТЗ-224-200/750 У4	2ПО-200 МГУ4	6,0	220	750	2500
ЭТЗ-224-180М/1000 У4	2ПО-180 МГУ4	6,3	220	1000	3000
ЭТЗ-224-160/1500 У4	2ПО-160 ГУ4	7,1	220	1500	4000
ЭТЗ-224-200/750 У4	2ПО-200 ГУ4	7,1	220	750	2500
ЭТЗ-224-180/1000 У4	2ПО-180 ОГУ4	7,5	220	1000	3000
ЭТЗ-221-53/1000 У4	ПБСТ-53 У4	3,3	220	1000	3000
ЭТЗ-221-52/1500 У4	ПБСТ-52 У4	4,1	220	1500	3600
ЭТЗ-221-53/1500 У4	ПБСТ-53 У4	4,8	220	1500	3600

Продолжение приложения 2

Технические характеристики асинхронных электродвигателей с
короткозамкнутым ротором серии 4А

Тип двигателя	$P_{ном.}$, кВт	n , мин ⁻¹	η , %	$\cos\varphi$	$\frac{M_{кр}}{M_{ном}}$	$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{кр}}{M_{ном}}$	$I_n/I_{ном}$	J , кг·м ²
$n_0=3000\text{мин}^{-1}$									
4АА50А2У3	0,09	2740	60,0	0,70	2,2	2,0	1,8	4,0	$0,245 \cdot 10^{-4}$
4АА50В2У3	0,12	2740	63,0	0,70	2,2	2,0	1,8	4,0	$0,268 \cdot 10^{-4}$
4АА56В2У3	0,25	2740	68,0	0,77	2,2	2,0	1,5	4,0	$4,15 \cdot 10^{-4}$
4АА63А2У3	0,37	2740	70,0	0,86	2,2	2,0	1,5	4,5	$7,65 \cdot 10^{-4}$
4АА63В2У3	0,55	2740	73,0	0,86	2,2	2,0	1,5	4,5	$9,0 \cdot 10^{-4}$
4А71А2У3	0,75	2840	77,0	0,87	2,2	2,0	1,5	5,5	$9,75 \cdot 10^{-4}$
4А71В2У3	1,10	2810	77,5	0,87	2,2	2,0	1,5	5,5	$10,5 \cdot 10^{-4}$
4А80А2У3	1,50	2850	81,0	0,85	2,6	2,1	1,4	6,5	$18,3 \cdot 10^{-4}$
4А80В2У3	2,20	2850	83,0	0,87	2,6	2,1	1,4	6,5	$21,3 \cdot 10^{-4}$
4А90L2У3	3,0	2840	84,5	0,88	2,5	2,1	1,6	6,5	$35,3 \cdot 10^{-4}$
4А100S2У3	4,0	2880	86,5	0,89	2,5	2,0	1,6	7,5	$59,3 \cdot 10^{-4}$
4АЮОБ2У3	5,5	2880	87,5	0,91	2,5	2,0	1,6	7,5	$75 \cdot 10^{-2}$
4А112М2У3	7,5	2900	87,5	0,88	2,8	2,0	1,8	7,5	$1,0 \cdot 10^{-2}$
4А132М2У3	11,0	2900	88,0	0,90	2,8	1,7	1,5	7,5	$2,25 \cdot 10^{-2}$
4А16082У3	15,0	2940	88,0	0,91	2,2	1,4	1,0	7,0	$4,75 \cdot 10^{-2}$
4А160М2У3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	1,0	7,0	$5,25 \cdot 10^{-2}$
4А180S2У3	22,0	2940	88,5	0,91	2,5	1,4	1,1	7,5	$7,0 \cdot 10^{-2}$
4А180М2У3	30,0	2945	90,5	0,90	2,5	1,4	1,1	7,5	$8,5 \cdot 10^{-2}$
4А200М2У3	37,0	2945	90,0	0,89	2,5	1,4	1,0	7,5	$14,5 \cdot 10^{-2}$
4А200L2У3	45,0	2945	91,0	0,90	2,5	1,4	1,0	7,5	$16,8 \cdot 10^{-2}$
4А225М2У3	55,0	2945	91,0	0,92	2,5	1,4	1,2	7,5	$25 \cdot 10^{-2}$
4А250S2У3	75,0	2960	91,0	0,89	2,5	1,2	1,0	7,5	$46 \cdot 10^{-2}$
$n_0=3000\text{мин}^{-1}$									
4АА50А4У3	0,06	1380	50,0	0,60	2,2	2,0	1,7	2,5	$0,29 \cdot 10^{-4}$
4АА50В4У3	0,09	1370	55,0	0,60	2,2	2,0	1,7	2,5	$0,325 \cdot 10^{-4}$
4АА56А4У3	0,12	1375	63,0	0,66	2,2	2,1	1,5	3,5	$7,0 \cdot 10^{-4}$
4АА56В4У3	0,18	1365	64,0	0,64	2,2	2,1	1,5	3,5	$7,88 \cdot 10^{-4}$
4АА63А4У3	0,25	1380	68,0	0,65	2,2	2,0	1,5	4,0	$12,4 \cdot 10^{-4}$
4АА63В4У3	0,37	1365	68,0	0,69	2,2	2,0	1,5	4,0	$13 \cdot 10^{-4}$
4АА71А4У3	0,55	1390	70,5	0,70	2,2	2,0	1,8	4,5	$13,8 \cdot 10^{-4}$
4А71В4У3	0,75	1390	72,0	0,73	2,2	2,0	1,8	4,5	$14,3 \cdot 10^{-4}$
4А80А4У3	1,10	1420	75,0	0,81	2,2	2,0	1,6	5,0	$32,3 \cdot 10^{-4}$
4А80В4У3	1,50	1415	77,0	0,83	2,2	2,0	1,6	5,0	$33,3 \cdot 10^{-4}$
4А90L4У3	2,20	1425	80,0	0,83	2,4	2,1	1,6	6,0	$56 \cdot 10^{-4}$
4А90S4У3	3,0	1435	82,0	0,83	2,4	2,0	1,6	6,0	$86,8 \cdot 10^{-4}$
4А100Б4У3	4,0	1430	84,0	0,84	2,4	2,0	1,6	6,0	$1,13 \cdot 10^{-2}$
4А112М4У3	5,50	1445	85,5	0,85	2,2	2,0	1,6	7,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4А132S4У3	7,50	1455	87,5	0,86	3,0	2,2	1,7	7,5	$2,75 \cdot 10^{-2}$
4А132М4У3	11,0	1460	87,5	0,87	3,0	2,2	1,7	7,5	$4 \cdot 10^{-2}$
4А160S4У3	15,0	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$10,3 \cdot 10^{-2}$
4А160М4У3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$12,8 \cdot 10^{-2}$
4А180S4У3	22,0	1470	90,0	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$19 \cdot 10^{-2}$
4А180М4У3	30,0	1470	91,0	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$23,3 \cdot 10^{-2}$
4А200М4У3	37,0	1475	91,0	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$36,8 \cdot 10^{-2}$
4А200L4У3	45,0	1475	92,0	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$44,5 \cdot 10^{-2}$
4А225М4У3	55,0	1480	92,5	0,90	2,5	1,3	1,0	7,0	$64 \cdot 10^{-2}$
4А250S4У3	75,0	1480	93,0	0,90	2,3	1,2	1,0	7,0	1,02
4А250М4У3	90,0	1480	93,0	0,91	2,3	1,2	1,0	7,0	1,17

Примечание. Значения n , η , $\cos\varphi$ приведены для номинальной нагрузки

Технические характеристики электродвигателей постоянного тока серии ПБС,
ПБСТ

Тип двигателя	Рном, кВт	пном, мин ⁻¹	пмах, мин ⁻¹	Мно м, Н·м	Uном,В	J, кг·м ²	Масса,к г
ПБС22, ПБСТ22	0,4	1000	2500	3,9	110, 220, 340	0,011, 0,012	56,66
	0,6	1500	3750	3,9	110, 220, 340		
	0,85	2200	4000	3,8	110, 220, 340		
	1,0	3000	4000	3,24	110, 220, 340		
ПБС23, ПБСТ23	0,55	1000	2500	5,37	110, 220, 340	0,012, 0,014	64,74
	0,85	1500	3750	5,52	110, 220, 340		
	1,15	2200	4000	5,10	110, 220, 340		
	1,3	3000	4000	4,23	110, 220, 340		
ПБС32, ПБСТ32	0,8	1000	2500	7,8	110, 220, 340	0,024, 0,025	81,91
	1,2	1500	3750	7,8	110, 220, 340		
	1,5	2200	4000	6,64	110, 220, 340		
	1,75	3000	4000	5,5	220, 340		
ПБС33, ПБСТ33	1,0	1000	3000	9,75	110, 220, 340	0,031, 0,038	93,103
	1,6	1500	3750	10,40	110, 220, 340		
	2,1	2200	4000	9,30	220, 340		
	2,35	3000	4000	7,60	220, 340		
ПБС42, ПБСТ42	1,4	1000	3000	13,60	110, 220, 340, 440	0,045, 0,046	97,107
	2,1	1500	3750	13,60	110, 220, 340, 440		
	2,9	2200	4000	12,80	110, 220, 340, 440		
	3,4	3000	4000	11,0	220, 340, 440		
ПБС43, ПБСТ43	1,9	1000	3000	18,50	110, 220, 340, 440	0,056, 0,058	113,123
	2,8	1500	3750	16,30	220, 340, 440		
	3,8	2200	4000	16,80	220, 340, 440		
	4,3	3000	4000	14,0	220, 340, 440		
ПБС52, ПБСТ52	2,5	1000	3000	24,40	220, 340, 440	0,109, 0,110	145,155
	4,1	1500	3600	26,60	220, 340, 440		
	5,5	2200	3600	24,40	220, 340, 440		
	6,5	3000	3600	21,20	220, 340, 440		
ПБС53, ПБСТ53	3,3	1000	3000	32,20	220, 340, 440	0,129, 0,130	164,174
	4,8	1500	3600	31,20	220, 340, 440		
	6,3	2200	3600	28,0	220, 340, 440		
	8,0	3000	3600	26,0	220, 340, 440		
ПБС62, ПБСТ62	4,7	1000	3000	46,80	220, 340, 440	0,256, 0,258	198,208
	7,2	1500	3600	46,30	220, 340, 440		
	10,0	2200	3600	44,40	220, 340, 440		
	11,3	3000	3600	36,60	220, 340, 440		
ПБС63, ПБСТ63	5,4	1000	3000	52,70	220, 340, 440	0,306, 0,308	240,250
	7,8	1500	3600	50,60	220, 340, 440		
	11,0	2200	3600	48,70	220, 340, 440		
	12,0	3000	3600	44,0	220, 340, 440		

Технические характеристики малоинерционных электродвигателей,
постоянного тока серии ПГТ

Тип двигателя	Рном, кВт	Мном, Н·м	Ммах, Н·м	Іном, А	Імах, А	е*, рад/с ²	Ј, кг·м ²	Uном., В
ПГТ-1	1	3,6	25,2	20,4	163	26300	0,00075	60
ПГТ-2	2	6,3	44	21,2	169	20970	0,00205	110
ПГТ-4	4	12,5	85	21,0	168	11971	0,00710	220
ПГТ-6	6	19,2	135	30,7	246	10000	0,01350	220
ПГТ-9	9	28,8	200	46,3	370	8120	0,02450	220

*Угловое ускорение.

Примечание: $n_{ном}=3000\text{мин}^{-1}$, $n_{мах}=5000\text{мин}^{-1}$.

Технические характеристики высокомоментных электродвигателей серии ПВ

Тип двигателя	Рном, кВт	Мном	Ммах	І, А	U, В	пно	пма	Ј, кг·м ²	Масса, кг	І30, мм
		Н·м				м	х			
						мин ⁻¹				
ПВВ100М	0,75	7,16	70	18,00	52,0	1000	2000	0,010	29	476
ПВВ100	1,10	10,50	100	24,00	56,0	1000	2000	0,013	35	536
ПВВ112	1,10	14,00	130	31,50	44,0	750	2000	0,035	45	515
ПВВ112М	1,10	17,50	170	29,00	47,0	600	2000	0,042	51	555
ПВВ112	1,10	21,00	210	28,00	50,0	500	2000	0,049	57	595
ПВВ132М	2,20	35,00	350	50,00	53,0	600	2000	0,188	88	652
ПВВ132	3,00	47,70	470	50,00	70,0	600	2000	0,238	105	722
ПВВ160М	4,00	76,40	490	78,50	66,0	500	1000	0,242	168	786
ПВВ160	5,50	105,00	510	90,00	78,5	500	1000	0,298	182	841
ПФВ160	7,50	143,20	490	182,00	58,0	500	1000	0,194	162	731
ПФВ160М	11,00	175,00	510	180,00	82,0	600	1000	0,242	176	786

*Постоянная времени механического движения.

Технические характеристики высокомоментных электродвигателей серии ДПУ, ДК1 и 2ПВВ

Тип двигателя	Рном, кВт	Мном	Ммах	пном	пмах	U, В	І, А	Ј, кг·м ²	Масса, кг	І30, мм
		Н·м		мин ⁻¹						
ДПУ87-75-1-23	0,075	0,7	3,15	1000	2000	23	4,5	$0,21 \cdot 10^{-4}$	3,2	205
ДПУ127-220-1-30	0,0220	2,1	19,0	1000	2000	30	11	$2,8 \cdot 10^{-4}$	12	294
ДПУ127-450-2-57	0,450	4,3	38,70	1000	2000	57	11	$4,9 \cdot 10^{-4}$	16	359
ДК1-1.7-100АТ	0,180	1,7	11,80	1000	2000	36	8	$2,1 \cdot 10^{-4}$	15,4	205
ДК1-2,3-100АТ	0,240	2,3	14,10	1000	2000	48	7,5	$2,7 \cdot 10^{-4}$	18	328
Ж1-3,5-100АТ	0,370	3,5	24,50	1000	2000	60	7,5	$2,85 \cdot 10^{-4}$	20	361
ДК1-5,2-100АТ	0,550	5,2	38,20	1000	2000	110	6,5	$3,9 \cdot 10^{-4}$	25,8	427
2ПВВ100М	—	7,5	70	—	2500	—	20	0,0094	24,8	574
2ПВВ100	—	11,0	100	—	2000	—	25	0,0130	28,8	634
2ПВВ112	—	15,0	130	—	2000	—	28	0,0340	39,8	601
2ПВВ112М	—	18,5	170	—	2000	—	35	0,0420	45,8	641
2ПВВ112	—	22,0	210	—	2000	—	32	0,0560	51,8	681
2ПВВ132	—	37,0	350	—	2000	—	54	0,1740	73,3	707

*Постоянная времени ЭВМГ.

Технические характеристики четырехфазных
шаговых электродвигателей с активным ротором

Тип двигателя	α , шаг, °	Мном, Н·м	U, В	I, А	Приемистость f_n , шаг/с		$J_{ном} \cdot$ $\cdot 10^7$, кг·м ²	Статический момент, Н·м	
					номи- наль- ная	макси- маль- ная		макси- маль- ный	номи- нальный
ДШ-0,025А	22,5	0,0025	27	0,8	280	330	2,45	0,02	—
ДШ-0,04А	22,5	0,004	27	0,9	280	330	3,43	0,03	—
ДШ-0,04В	22,5	0,004	27	0,85	280	330	3,43	0,027	—
ДШ-0,1А	22,5	0,01	27	1,5	180	230	18,6	0,08	—
ДШ-0,1В	22,5	0,01	27	1,45	180	230	18,6	0,075	—
ДШ-0,25А	22,5	0,025	27	2,0	130	160	56,4	0,13	—
ДШ-0,4А	22,5	0,04	27	3,2	110	140	123	0,21	—
ДШ-1А	22,5	0,1	27	7,0	70	90	412	0,6	—
ДШ-4А	18	0,4	27	8,2	50	70	1370	1,6	—
ДШ-6А	18	0,6	27	10,0	30	50	3900	2,1	—
ШДА-1	22,5	0,004	28	0,35	30	—	30	0,01	—
ШДА-1А	22,5	0,004	14	0,65	50	—	30	0,015	—
ШДА-1ФК	22,5	0,003	28	0,4	50	—	10	0,012	0,002
ШДА-2А	22,5	0,011	14	1	50	—	30	0,026	—
ШДА-2АМ	22,5	0,01	14	1,1	50	—	30	0,025	—
ШДА-2ФК	22,5	0,006	27	0,5	125	—	10	0,02	0,004
ШДА-3	22,5	0,023	29	1,1	100	—	20	0,07	—
ШДА-3А	22,5	0,028	14	1,6	32	—	300	0,07	—
ШДА-3Ф	22,5	0,012	29	1,1	100	—	20	0,06	0,008
ШДА-3ФМ	22,5	0,02	27	1,3	100	—	10	0,06	0,012
ШДА-4А	22,5	0,06	14	2,8	50	—	35	0,16	—
ШДА-5А	22,5	0,1	14	3,9	50	—	65	0,28	—
ШДА-5Ф	22,5	0,09	27	2,5	20	—	65	0,25	0,01
ШДА-6	22,5	0,16	28	3	50	—	50	0,41	—
ШДА-6А	22,5	0,16	14	5,8	50	—	100	0,41	—
ШДА-7А	22,5	0,25	27	7	70	—	150	0,6	—
ШДМ-2Ф	22,5	0,007	—	0,5	100	220	3	0,032	0,003
ШДМ-7Ф	22,5	0,12	27	2,65	40	70	100	0,5	0,04
ШДМ-7ФА	22,5	0,06	—	2,65	70	115	100	0,4	—
ДШ34-0,0025-22,5	22,5	0,0025	—	0,3	300	450	0,4	0,012	—
ДШ40-0,006-22,5	22,5	0,006	—	2,5	430	650	1	0,028	8
ДШ40-0,01-22,5	22,5	0,01	—	2,5	430	650	1	0,028	—
ДШ48-0,025-22,5	22,5	0,025	27	3,7	340	500	4	0,075	—
ДШ80-0,16-22,5	22,5	0,16	—	6,4	230	630	100	0,4	—

Технические характеристики электродвигателей постоянного тока серии 2П

Тип	P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				P _{ном} , кВт	n _{max} , мин ⁻¹				i, кг·м ²	Масса, кг
		110 В	220 В	340 В	440 В		110 В	220 В	340 В	440 В		110 В	220 В	340 В	440 В		
	n _{ном} = 750 мин ⁻¹					n _{ном} = 1000 мин ⁻¹					n _{ном} = 1500 мин ⁻¹						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2ПБ90М	0,13	3000	1500	900	—	0,18	4000	2000	1200	—	0,28	4000	3000	1800	—	0,004	24
2ПБ90L	0,18	3000	1500	900	—	0,25	4000	2000	1200	—	0,37	4000	3000	1800	—	0,005	27
2ПБ100М	0,25	3000	1500	900	—	0,37	4000	2000	1200	—	0,60	4000	3000	1800	—	0,011	36
2ПБ112М	0,25	3000	2500	2000	1500	0,45	4000	3500	2500	2000	0,75	4000	4000	3500	3000	0,014	47
2ПБ112L	0,50	3000	2500	2000	1500	0,63	4000	3500	2500	2000	1,00	4000	4000	3500	3000	0,017	56
2ПБ132М	1,10	3000	2500	2000	1500	1,60	4000	3500	2500	2000	2,40	4000	4000	3500	3000	0,0375	86
2ПБ132L	1,60	3000	2500	2000	1500	1,90	4000	3000	2500	2000	3,20	4000	4000	3500	3000	0,0468	96
2ПБ160М	2,10	3000	2500	2000	1500	2,50	4000	3000	2500	2000	4,20	4000	4000	3500	3000	0,0835	141
2ПБ160L	2,50	3000	2500	2000	1500	3,20	4000	3000	2500	2000	5,30	4000	4000	3500	3000	0,104	159
2ПБ180М	3,40	3000	2500	2000	1500	4,50	3500	3000	2500	2000	7,10	3500	3500	3500	3000	0,20	213
2ПБ180L	4,20	3000	2500	2000	1500	5,60	3500	3000	2500	2000	8,50	3500	3500	3500	3000	0,229	234
2ПБ200L	6,00	3000	2500	1500	1500	8,00	3000	2500	2500	2000	11,0	8	3500	3500	3000	0,30	325
2ПО132М	1,30	3000	2500	2000	1500	1,80	4000	3000	2500	2000	2,80	4000	4000	3500	3000	0,0375	100
2ПО132L	1,60	3000	2500	2000	1500	2,20	4000	3000	2500	2000	3,40	4000	4000	3500	3000	0,0468	110
2ПО160М	2,50	3000	2500	2000	1500	3,20	4000	3000	2500	2000	6,00	4000	4000	3500	3000	0,0835	151
2ПО160L	3,20	3000	2500	2000	1500	4,00	4000	3000	2500	2000	7,10	4000	4000	3500	3000	0,104	169
2ПО180М	4,50	3000	2500	2000	1500	6,30	3500	3000	2500	2000	10,0	3500	3500	3500	3000	0,20	235
2ПО180L	4,20	3000	2500	2000	1500	7,50	3500	3000	2500	2000	—	—	—	—	—	0,229	256
2ПО200М	6,00	3000	2500	2000	1500	9,00	—	3000	2500	2000	14,0	—	3500	3500	3000	0,25	312
2ПО200L	7,10	3000	2500	2000	1500	11,0	—	3000	2500	2000	17,0	—	3500	3500	3000	0,3	355
2ПН90М	0,17	3000	1500	900	—	0,25	4000	2000	1200	—	0,37	4000	3000	1800	—	0,004	24
2ПН90L	0,22	—	1500	900	—	0,34	4000	2000	1200	—	0,55	4000	3000	1800	—	0,005	27
2ПН100М	0,37	—	1500	900	—	0,50	4000	2000	1200	—	0,75	4000	3000	1800	—	0,011	36
2ПН100L	0,42	—	1500	900	—	—	—	—	—	—	1,10	4000	3000	1800	—	0,012	39
2ПН112М	0,60	3000	2500	2000	1500	0,85	4000	3500	2500	2000	1,50	4000	4000	3500	3000	0,014	47
2ПН112L	0,80	3000	2500	2000	1500	1,25	400	3500	2500	2000	2,20	4000	4000	3500	3000	0,017	56
2ПН132М	1,60	3000	2500	2000	1500	2,50	4000	3500	2500	2000	4,00	4000	4000	3500	3000	0,0375	86

2ПН132L	1,90	3000	2500	2000	1500	3,00	4000	3000	2500	2000	5,50	4000	4000	3500	3000	0,0468	96
2ПН160M	3,00	3000	2500	2000	1500	4,50	4000	3000	2500	2000	7,50	4000	4000	3500	3000	0,0835	141
2ПН160L	4,00	3000	2500	2000	1500	6,30	4000	3000	2500	2000	11,0	4000	4000	3500	3000	0,104	159
2ПН180M	5,60	3000	2500	2000	1500	8,00	3500	3000	2500	2000	15,0	3500	3500	3500	3000	0,20	213
2ПН180L	7,10	3000	2500	2000	1500	10,0	3500	3000	2500	2000	18,5	—	3500	3500	3000	0,229	234
2ПН200M	8,50	3000	2500	2000	1500	13,0	3500	3000	2500	2000	22,5	—	3500	3500	3000	0,25	282
2ПН200L	11,0	3000	2500	2000	1500	16,0	—	3000	2500	2000	30,0	—	3500	3500	3000	0,30	325
2ПФ132M	2,00	3000	2500	2000	1500	3,00	4000	3000	2500	2000	400	4000	4000	3500	3000	0,0375	98
2ПФ132L	2,80	3000	2500	2000	1500	4,20	4000	3000	2500	2000	5,50	4000	4000	3500	3000	0,0468	108
2ПФ160M	4,20	3000	2500	2000	1500	6,00	4000	3000	2500	2000	7,50	4000	4000	3500	3000	0,0835	153
2ПФ160L	5,60	3000	2500	2000	1500	8,00	4000	3000	2500	2000	11,0	4000	4000	3500	3000	0,104	171
2ПФ180M	9,00	3000	2500	2000	1500	12,0	3500	3000	2500	2000	15,0	3500	3500	3500	3000	0,20	236
2ПФ180L	10,0	3000	2500	2000	1500	14,0	3500	3000	2500	2000	18,5	—	3500	3500	3000	0,229	257
2ПФ200M	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22,0	—	3500	3500	3000	0,250	303
2ПФ200L	15,0	3000	2500	2000	1500	20,0	—	3000	2500	2000	30,0	—	3500	3500	3000	0,30	346

Задание к практическому заданию № 1 и 2.

1. Выбрать 2 электронные модели из табл. Методических указаний:
 - а) модель корпусной детали;
 - б) модель детали – тела вращения.
2. По базовому варианту последовательности операций механической обработки (табл. 2.1) определить, какой обрабатывающий центр объединит большинство операций для каждой модели детали. Выбрать аналоги станков (п.2.2).
3. Выписать исходные данные для проектирования кинематической схемы станков – для корпусной детали и для детали – тела вращения.

ПРИМЕЧАНИЕ.

Номер варианта – порядковый номер по списку.

Для корпусных деталей обработка преимущественно фрезерованием.

Для деталей, состоящих из тел вращения - обработка преимущественно точением.

4. Спроектировать привод главного движения многоцелевого станка для 2-х деталей – корпусной – фрезерный МЦС, тела вращения – токарный МЦС:

кинематический расчет;

силовой расчет;

кинематическая схема станка.

5. Спроектировать привод подач станков для 2-х деталей: кинематический расчет.

Задание к лабораторным работам № 1 и 2.

1. Провести синтез конструкции фрезерного МЦС для корпусной детали:

показать общий вид станка; его кинематическую схему (практ. работа 1 и 2); устройство смены инструмента (УСИ); комплект вспомогательного и режущего инструмента. Описать устройство и принцип работы станка.
2. Провести синтез конструкции токарного МЦС для детали из тел вращения.

показать общий вид станка; его кинематическую схему (практ. работа 1 и 2); устройство смены инструмента (УСИ); комплект вспомогательного и режущего инструмента. Описать устройство и принцип работы станка.

