

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шамсутдинов Расим Адегамович

Должность: Директор

Дата подписания: 30.09.2020 16:09:48

Уникальный программный ключ:

d31c25eab5d6fbb0cc50e03a64d1fc00529a083e3a995ad1080665082c961114

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский тех-
нический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
Лениногорский филиал

ГОРШЕНИН Г.С.

Проектирование гибких производственных систем

Методическое пособие для выполнения курсовой работы
по дисциплине «Автоматизация производственных процессов
в машиностроении» для обучающихся по направлению
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машино-
строительных производств»

(Методическое пособие обсуждено и одобрено на заседании кафедры Технологии машиностроения и
приборостроения 25.10.2017, протокол №3)

Лениногорск 2017

Введение

Курсовая работа заключается в разработке автоматической системы механообработки и служит целью обучить студентов направления 15.03.05 методам и принципам построения автоматических производств с элементами гибкой автоматизации. Работа выполняется на уровне технического проекта.

Данное методическое пособие может быть использовано при выполнении ВКР

Курсовая работа содержит графическую часть и расчетно-пояснительную записку объемом 15-20 страниц.

Графическая часть включает:

- Компоновку оборудования комплекса с указанием необходимых размеров и зон обслуживания,
- Схема загрузки и выгрузки изделий из технологического объекта (Траектория движения схвата промышленного робота *),
- Временную циклограмму работы технологического объекта
- Конструкции захвата средств загрузки и автоматизированного приспособления для фиксации и зажима изделия на рабочей позиции технологического оборудования*,
- Конструкция накопителя межоперационного задела, приспособления-спутника*.
- Схема системы управления качеством*.

Расчетно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Введение, где дается краткий анализ состояния современного производства с указанием актуальности, практической ценности автоматизации производств и обоснование необходимости выполнения курсовой работы.

2. Подготовительный этап, где необходимо провести всесторонний анализ задания, конструкторско-технологических параметров де-

тали или номенклатуры подобных деталей и дать обоснование предпроектных решений (предложений). Выбор формы организации производства и объекта автоматизации.

3. Технологическая часть, где разрабатывается технологический процесс автоматизированного производства с необходимыми технологическими расчетами.

4. Выбор основного и вспомогательного технологического оборудования, входящего в состав автоматического комплекса. (В дипломном проекте: выбор транспортно-загрузочных систем, систем инструментального обеспечения, систем автоматического контроля, межоперационные накопители задела деталей, систем уборки стружки и т.п.)

5. Предварительное технико-экономическое* обоснование проектирования автоматизированного технологического объекта.

6. Конструкторская часть, в которой разрабатываются:

- планировка автоматизированного комплекса,
- система загрузки и выгрузки технологических объектов (с прочностными расчетами),
- транспортная система*,
- автоматизированные складские комплексы*,
- системы ориентации, автоматизированных приспособлений для фиксации и зажима деталей на рабочих позициях технологического оборудования, уборки стружки*,
- система инструментального обеспечения*,
- вспомогательные приспособления (при необходимости)*,
- система контроля качества (с точностными расчетами)*,
- межоперационные накопители заделов*,
- система управления (блок-схема) ГПС и диагностики *

.7. Алгоритм работы технологического объекта и циклограмма его работы.

8. Расчет временных характеристик проектируемой гибкой производственной системы
9. Расчет размерных цепей при установке деталей на рабочей позиции технологического оборудования*
10. Разработка управляющей программы для автоматизированной станочной системы*
11. Построение циклограммы работы комплекса
12. Уточнение технико-экономических показателей проектируемой системы*
13. Выводы.
14. Список литературы.
15. Приложение.

Вариант курсовой работы по проектированию автоматической станочной системы формируется в соответствии с шифром задания, состоящего из трех цифр.

Первая цифра шифра задает годовую программу выпуска.

Вторая цифра шифра задания определяет вид комплексной детали, группу подлежащей обработке на проектируемом участке.

По третьей цифре шифра определяются размеры комплексной детали. Варианты заданий приведены в таблице 1 и на рис. 1-10П.

Для студентов заочной формы обучения номер задания определяется шифром – последние три цифры номера зачетной книжки. Например, шифру студента 34194 соответствует вариант задания 194.

Вариант курсовой работы представлены в приложении.

Примечание: *Разделы с пометкой * в объем курсовой работы не входят*

1. Анализ исходных данных.

Здесь рассматриваются следующие вопросы:

- назначение детали в узле, машине, условия ее эксплуатации;

- требования к изготовлению детали;
- анализируется материал детали и его свойства (физико-химические, технологические);
- определяются требования к отдельным поверхностям детали,
- анализируется базовый технологический процесс с целью возможности производства в условиях автоматизированного производства.

На основе проведенного анализа необходимо сформулировать основные задачи, которые необходимо решить при разработке ТП для достижения заданных свойств детали.

2. Технологичность конструкции изделий

Технологичность конструкции – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособляемость к достижению **оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте** для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работы. Технологичность конструкции детали анализируется с учетом условий ее производства, рассматривая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовителя.

Технологичность конструкции изделий в условиях автоматизированного производства, обеспечивается следующим образом:

- снижением номенклатуры изготавливаемых изделий путем унификации и стандартизации;
- развитием конструктивного подобия и унификации поверхностей и комплектов поверхностей с целью типизации технологических процессов;
- проработкой конструктивных форм деталей для обеспечения необходимой точности, устойчивости и жесткости при установке

полуфабрикатов в процессе механической обработки, сборки, транспортировании, контроле качества и т.п.;

- целенаправленным конструктивным оформлением единых технологических баз, позволяющих изготовить детали при минимальном числе операций
- конструированием деталей с учетом использования при их изготовлении минимальной номенклатуры стандартного инструмента, унифицированной технологической оснастки, унифицированных транспортных, складских и других средств и обеспечения условий собираемости без дополнительных пригонок по месту;
- конструированием сборочных единиц с учетом возможности автоматизированной сборки.

Конструкции деталей должны быть такими, чтобы была возможна унификация технологических процессов и типов технологического оборудования в целях использования группового метода их изготовления.

- Деталь должна иметь по возможности простую форму, что позволяет выполнять обработку несложными инструментами при минимальном числе рабочих ходов, а заготовка – минимальный припуск на обработку и стабильные размеры.

- Поверхности, используемые для транспортирования заготовки, должны обеспечивать ее устойчивое положение при перемещении без потери ориентировки, технологические базы должны быть такими, чтобы обеспечивалось надежное базирование.

- Конструкция детали должна быть достаточно жесткой для обеспечения заданной точности обработки при оптимальных режимах резания и позволять обработку с минимальным числом поворотов заготовки в процессе ее выполнения.

- Межосевые расстояния отверстий, лежащих в одной плоскости, должны позволять обработку инструментами, закрепленными в одной шпиндельной головке.

- В качестве технологических баз при обработке корпусных деталей часто используют плоскость и два базовых отверстия.

- При разработке технологического процесса следует избегать смены баз.

Для оценки технологичности конструкции детали используем показатели массы детали, коэффициента использования материала ($K_{им}$), точности обработки ($K_{тч}$), шероховатости ($K_{ш}$), которые определяются следующим образом:

$$K_{им} = M_d / M_z$$

где $M_z = \rho V_z$ - масса заготовки,

ρ - плотность материала,

V_z - объем заготовки,

M_d - масса детали

$$K_{тч} = 1 - 1/A_{ср},$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности обработки детали по всем поверхностям

$$K_{ш} = 1 - 1/B_{ср},$$

где $B_{ср}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости всех поверхностей детали

3. Формы организации производства

Отнесение механообрабатывающего производства к тому или иному типу производства зависит от конструктивных и технологических особенностей выпускаемых изделий, регулярности, стабильности и годового объема выпуска. Тип производства оказывает влияние на организацию производственного процесса, структуру производства, выбор оборудования, транспортных систем и систем контроля. Тип производства предварительно определяют на начальной стадии проектирования путем анализа программы производства с последующим уточнением на дальнейших стадиях проектирования по мере техно-

логической проработки проекта (работы) и выявления признаков серийности производства деталей. Для предварительного определения типа проектируемого производства на отдельных участках в зависимости от годового объема выпуска и массы обрабатываемых деталей можно использовать данные табл. 3.

Таблица 3

Тип производства	Число обрабатываемых деталей одного типоразмера в год, шт.		
	Тяжелых (массой свыше 100 кг)	Средних (массой 10 - 100 кг)	Легких (массой до 10 кг)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5 – 100	10 – 200	100 – 500
Среднесерийное	100 – 300	200 - 500	500 - 5000
Крупносерийное	300 – 1000	500 - 5000	5000 - 50000
Массовое	Св. 1000	Св 5000	Св. 50000

Более точно тип производства можно определить, определив коэффициент закрепления операций. Под коэффициентом закрепления операций понимается отношение числа всех технологических операций (О), выполненных или подлежащих выполнению в течение определенного времени, к числу рабочих мест (Р)

$$K_{з.о.} = O/P$$

Значения коэффициента закрепления операций для различных типов производства следующие: $K_{з.о.}=1$ – массовое производство; $1 < K_{з.о.} < 10$ – крупносерийное; $10 < K_{з.о.} < 20$ – среднесерийное; $20 < K_{з.о.} < 40$ – мелкосерийное; $K_{з.о.} \geq 40$ – единичное.

4. Оборудование разных типов автоматизированного производства

В условиях **крупносерийного и массового** производства основным оборудованием для механической обработки являются **автоматические линии** (АЛ) или состоящие из них системы.

В условиях крупносерийного и массового производства от двух и более различных заранее известных, аналогичных по конструкции и технологии обработки и близких по размерам деталей используются *переналаживаемые АЛ*.

В **средне- и крупносерийном** производствах используются *гибкие автоматические линии (ГАЛ)*, так как предъявляются специфические требования к металлорежущему оборудованию. Обычные АЛ в среднесерийном производстве нерентабельны вследствие малого коэффициента загрузки, а использование одношпиндельных многоцелевых станков с ЧПУ невыгодно, так как для изготовления больших партий деталей требуется значительное количество этого дорогостоящего оборудования. Поэтому используют ГАЛ на базе станков со *сменными шпиндельными коробками (СШК)*, имеющие высокую производительность. В оборудовании со СШК заготовка остается неподвижной во время всего цикла обработки, а инструмент, установленный в СШК, подается в последовательности, соответствующей ходу технологического процесса обработки. Число наименований деталей, изготавливаемых на ГАЛ со СШК, зависит от программы их выпуска и трудоемкости обработки и может достигать в среднем 10-12 наименований. ГПС

В **среднесерийном** производстве с годовой программой выпуска 5000-30000 шт обработку экономически целесообразно выполнять на *агрегатном оборудовании со СШК*, что увеличивает производительность труда в 5 –10 раз по сравнению с обработкой на станках с ЧПУ. В ряде случаев для большей гибкости оборудования СШК изготавливают с раздвижными шпинделями.

В **единичном и мелкосерийном** производстве применяется *локальная автоматизация*. Необходимым элементом перехода от локальной автоматизации к *гибким производственным системам (ГПС)* являются *роботизированные технологические комплексы (РТК)*. Организационно РТК могут функционировать отдельно, как самостоятельный вид оборудования, или могут быть объединены в роботизированные технологические линии (РТЛ) и роботизированные технологические участки (ОТУ).

Основой при разработке процесса изготовления деталей и выборе технологического оборудования является информация о геометрической структуре изделия.

Геометрическая информация о детали может быть представлена в виде трех иерархических уровней.

Первый уровень - параметрический, на котором формируется необходимый и достаточный набор параметров, характеризующий тип детали или ее частей. Эта информация предопределяет довольно жестко номенклатуру станков.

Второй уровень – размерный – определяет количественные отношения между параметрами, что еще более точно характеризует тип детали или поверхности и ограничивает варианты процессов изготовления данной детали.

Третий уровень – точностной, на котором учитывают значения и соотношения между допусками на размеры детали. Здесь уже во многом определяется не только принципиальная кинематическая схема формообразования детали, но и тип станка, а также его точность.

В соответствии с выше рассмотренным выбирается технологическое оборудование.

5. Рекомендации по разработке технологического процесса изготовления деталей в условиях автоматизированного производства

Технологический процесс разрабатывается на основе имеющегося типового или группового ТП. При отсутствии типового или группового ТП изготовления изделия, относящегося к определенной классификационной группе, ТП должен разрабатываться на основе использования ранее принятых прогрессивных решений, содержащихся в действующих единичных ТП изготовления аналогичных изделий.

В новом ТП выделяются операции, которые должны выполняться на автоматическом оборудовании, Для этих операций определяется количество основного и вспомогательного технологического оборудования, выбирается структура и схема автоматического комплекса, а так же дается техническое обоснование предлагаемой автоматической производственной системы.

Примечание. *В рамках курсовой работы предлагается рассматривать возможность использования для производства деталей гибкую производственную систему в виде роботизированного комплекса (РТК)*

При проектировании технологических процессов для автоматических производств необходимо обеспечить:

- достижение равной или кратной производительности на отдельных видах оборудования для получения большей синхронизации работы и загрузки проектируемого комплекса;
- автоматизацию не только переходов обработки, но и всех вспомогательных переходов;
- длительное сохранение заданной точности;
- высокую надежность и безаварийность работы за счет тщательной проработки всех вопросов контроля;
- блокировки, сигнализации, резервирования и отвода стружки;
- удобство транспортирования и базирования обрабатываемой детали.

Желательно уменьшение количества станков в автоматизированном комплексе за счет повышения степени концентрации технологических переходов и применения многоинструментального оборудования.

Перед началом проектирования технологического процесса внимательно анализируют конструкцию комплексной детали и технические условия ее изготовления на предмет возможного улучшения технологичности. Особое внимание следует обратить на выбор установочных баз, использовать принцип их постоянства и совмещения измерительных и технологических баз. Это необходимо для уменьшения различных положений детали в процессе ее про-

изводства. Каждое изменение положений разрабатываемой детали вызывает необходимость применять кантователь, автооператор и др., что усложняет устройство автоматизированного участка или линии. При единой технологической базе упрощается также транспортировка обрабатываемой заготовки от одной позиции к другой. Анализируя конструкцию детали, следует обратить внимание на возможность многоинструментальной обработки и применения высокопроизводительного многолезвийного инструмента, на легкость удаления стружки и отвода смазочно-охлаждающей жидкости.

С учетом приведенных требований осуществляется проектирование автоматизированного группового технологического процесса для комплексной детали.

6. Типовые схемы компоновки роботизированных технологических модулей и ГПС

На основе анализа служебного назначения и конструктивных параметров изделия (детали), номенклатуры изделий и объема производства осуществляется выбор формы организации производства, объекта автоматизации и разрабатывается технологический процесс автоматизированного производства и выбирается структура гибкой производственной системы (ГПС).

Гибкие производственные системы (ГПС)

Объединяя в определенных сочетаниях РТК, ГПМ, отдельные единицы технологического оборудования, автоматизированные складские, транспортные и накопительные устройства, создают различные варианты ГПС: ГАУ и ГАЛ. Гибкие производственные участки и линии, работают в автоматическом режиме в течение заданного времени, обеспечивают комплексную обработку исходного материала или заготовок с возможностью автоматизированной переналадки на производство изделий широкой номенклатуры.

Схемы планировки ГПС классифицируются в зависимости от типа автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС) и других взаимо-

связанных автоматизированных систем: инструментального обеспечения, очистки (мойки) изделий и техоснастки, контроля геометрических и других параметров изделий, удаления отходов производства.

ГПС строят по принципу специализации:

1. технологической,
2. предметной,
3. подетальной.

В основу функционирования ГПС, построенных **по технологическому принципу** (рис. 1), положен принцип "верни на место". Поэтому центральным элементом ГПС является автоматизированный межоперационный склад, через который изготавливаемые детали транспортируются от одного технологического модуля к другому. Последние укомплектованы группами взаимозаменяющего оборудования (многоцелевых станков). Технологический принцип формирования производственных подразделений, характеризующийся выполнением однотипных операций технологического процесса и использованием однотипного технологического оборудования эффективен при **значительной номенклатуре изготавливаемых изделий**

Преимущества такой схемы:

- более полная загрузка оборудования благодаря концентрации всего объема обработки в технологическом модуле ГПС;
- возможность изменения номенклатуры деталей без перепланировки ГПС.

Недостатки:

- длинные и сложные технологические маршруты обработки заготовок;
- многократное их транспортирование между оборудованием и складом;
- необходимость заделов заготовок, инструмента и приспособлений для обеспечения бесперебойной работы ГПС на протяжении определенного

времени (смена, сутки, недели и т.д.), для чего должны быть увеличены вместимость склада и объем незавершенного производства.

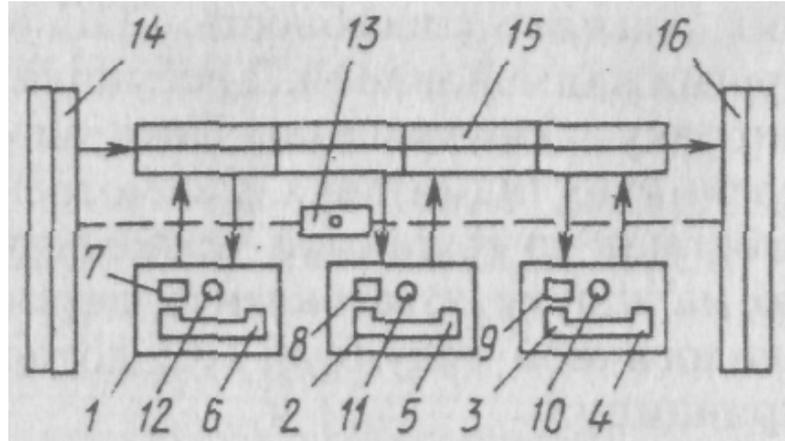


Рис.1. Схема ГПС, построенной по принципу технологической специализации:

1—3 — ГПМ; 4—6 — взаимозаменяемое оборудование; 7—9 — накопители;
10—12 — роботы (манипуляторы); 13 — автоматизированная транспортная система; 14—16 — склады; стрелки — материальные потоки

Предметная специализация ГПС (рис. 2) устраняет указанные недостатки, так как осуществляется обработка заготовок комплектов деталей для **одного или нескольких однородных изделий**. При этом технологические модули ГПС комплектуют из взаимодополняющего оборудования, располагающегося по маршруту изготовления комплектов деталей. В таких ГПС уменьшается объем транспортных и складских работ. Однако наличие взаимодополняющих единиц оборудования снижает способность ГПС к перестройке на выпуск изделий других наименований. Требуются значительные затраты на перепланировку оборудования.

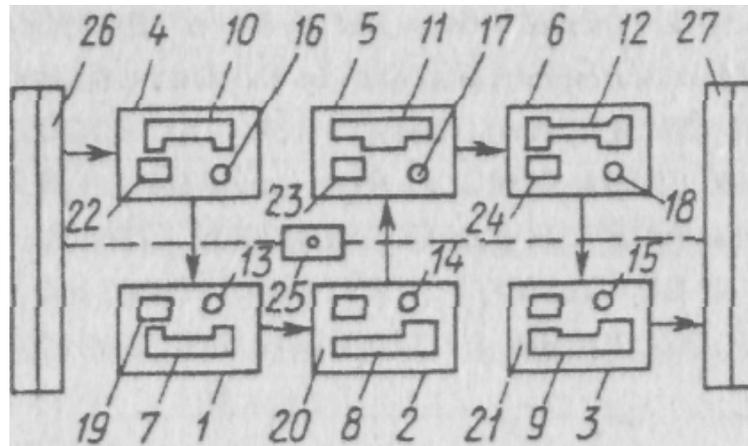


Рис. 2. Схема ГПС, построенной по принципу предметной специализации:

1—6 — ГПМ; 7—12 — оборудование; 13—18 — накопители; 19—24 — роботы (манипуляторы); 25—27 — АТНС; стрелки ----материальные потоки

Подетальная специализация ГПС обладает преимуществами двух рассмотренных схем (рис. 3). Такие ГПС работают **по групповой технологии**, их модули располагаются согласно маршруту изготовления деталей и обладают универсальностью, аналогичной модулям ГПС, которая построена по технологическому принципу.

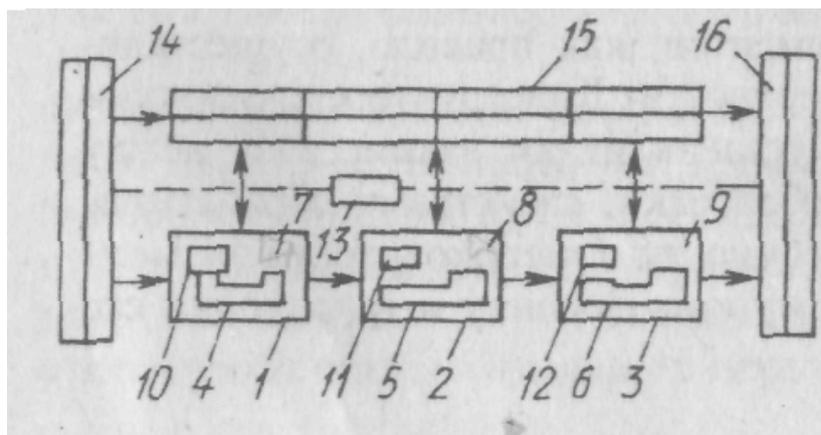


Рис. 3. Схема ГПС, построенной по принципу подетальной специализации:

1~3 — ГПМ; 4—6 ~ оборудование; 7—9 — роботы (манипуляторы); 10—12 — накопители; 13—16 — АТНС;

С повышением номенклатуры изготавливаемых изделий становится целесообразным использовать **подетальную** специализацию ГПС

Роботизированные технологические системы

Основные схемы роботизированных технологических систем (РТС) можно разбить на **три группы**.

Первую группу с точки зрения планировки образуют РТК с индивидуальным обслуживанием единицы технологического оборудования при помощи одного или нескольких ПР. Роботизированный технологический комплекс является наиболее простой гибкой производственной системой

Характерными особенностями РТК является автономность их работы и возможность встраивания в ГПС. Состав и структура роботизированных комплексов определяется содержанием автоматизированного процесса, который характеризуется: типом и размерами обрабатываемых изделий, видом техно-

логического оборудования, организацией его обслуживания, схемой потоков материала, инструментов и технологической оснастки, функциями управления.

Данная группа РТК имеет три основных варианта конструктивного исполнения ПР:

- встроенного в технологическое оборудование,
- установленного рядом с технологическим оборудованием в его рабочей зоне,
- установленных в рабочей зоне технологического оборудования нескольких ПР.

В большинстве вариантов РТК данной группы заготовки (исходный материал) перед подачей их роботом в зону обработки предварительно *ориентируются* и подаются на фиксированную промежуточную позицию, обслуживаемую автоматизированными загрузочно-разгрузочными устройствами типа тактового стола или шагового конвейера-накопителя

В некоторых РТК в зависимости от технических возможностей ПР используются межоперационные накопители заготовок в виде палет, контейнеров и ящиков ячеистого типа.

Вторую группу планировочных схем образуют роботизированные технологические линии (РТЛ) и участки (РТУ) с групповым обслуживанием одним или несколькими ПР. РТЛ предполагают обслуживание одним или несколькими ПР группы оборудования в принятой технологической последовательности выполняемых операций. На РТУ при обслуживании оборудования одним или несколькими ПР предусмотрена возможность изменения последовательности выполнения технологических операций. РТЛ и РТУ могут включать в себя несколько РТК, связанных между собой транспортными средствами и единой автоматизированной системой управления. По характеру расположения оборудования схемы планировки РТЛ и РТУ можно разделить на два варианта: с круговой и линейным (последовательным или параллельно-последовательным) расположением оборудования.

Третью группу с точки зрения планировки составляют РТК для выполнения основных технологических операций (сборки, сварки, термообработки, окраски и других). Возможны варианты РТК с индивидуальным выполнением ПР одной законченной технологической операции или перехода, а также с групповым выполнением операции несколькими ПР одного или различных технологических назначений.

Расположение технологического оборудования

Наиболее удобное и распространенное расположение технологического оборудования в ГПС — **вдоль** транспортной трассы (линейное).

Продольное расположении оборудование вдоль транспортной трассы удобно для обслуживания.

Поперечное расположение применяют в случае, когда может быть достигнуто лучшее использование площади или когда при продольном расположении получаются слишком длинные линии.

Под углом к транспортной трассе технологическое оборудование располагают в случае, когда длина оборудования значительно превышает его ширину, например для расточных, продольно-фрезерных, продольно-строгальных, прутковых автоматов и револьверных станков. Такое расположение оборудования обеспечивает лучшее использование площадей. Револьверные станки и автоматы при прутковой работе ставят под углом 15—20° или несколько больше в зависимости от ширины и длины отводимой под них площади; при этом их располагают загрузочной стороной к транспортной магистрали.

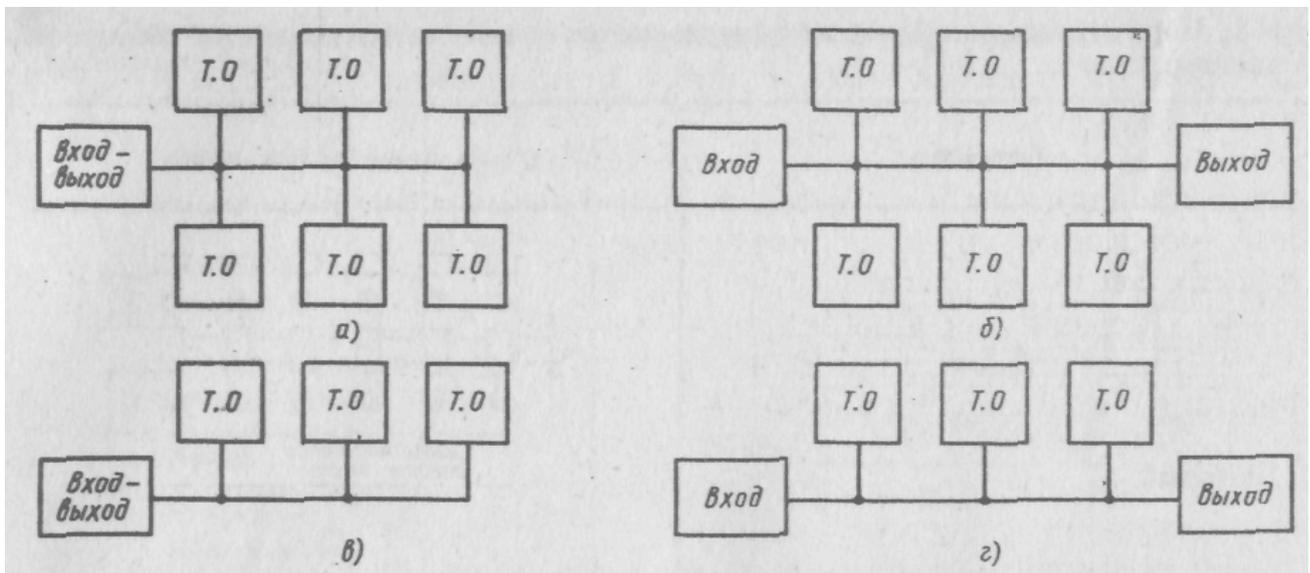
Кольцевое расположение технологического оборудования целесообразно для многостаночного обслуживания с помощью **промышленных роботов, работающих в цилиндрической системе координат**, но создает трудности для использования межоперационного транспорта и инженерных коммуникаций, а также требует больших площадей.

Типовые схемы установочных мест при **линейном** расположении технологического оборудования (Т. О.) приведены на рис. 4.

Оптимальное значение мощности грузопотока достигается при двустороннем расположении оборудования вдоль транспортной трассы (рис. 4, а, б).

Схемы, приведенные на рис. 4, в, г, используют чаще всего при реконструкции производства.

При **совмещении входа и выхода с участка** происходит сокращение холостых пробегов межоперационного транспорта (рис. 4, а, в), и такие схемы используют **при незначительных грузопотоках** (не более 3 тыс. т/год), **при больших грузопотоках используют схемы с отдельными входом и выходом** (рис. 4, б, г).



4. Принципы формирования производственных участков и цехов

7. Заготовки разных типов производства

Исходя из эксплуатационных характеристик изделия, типа производства, технологического оборудования, характеристик процесса изготовления и минимизации затрат осуществляется выбор формы и метода получения заготовки.

Например, для деталей тел вращения предлагается (рекомендуется):

- В **единичном и мелкосерийном** производстве заготовки валов с небольшим числом ступеней и незначительной разницей их диаметров полу-

чать отрезкой от горячекатанных или холоднотянутых нормальных прутков. Заготовки валов массой более 15 кг. целесообразно получать свободной ковкой (без штампов) для уменьшения расхода материала.

- В производстве с **достаточно большим масштабом** выпуска, а также при изготовлении валов сложной конфигурации со ступенями, значительно различающимися по диаметру, заготовки целесообразно методом пластического деформирования (ковка, штамповка, периодический прокат, обжатие на ротационно-ковочных машинах, электровысадка). Эти методы обеспечивают получение заготовок, близких по форме и размерам к готовой детали, что повышает производительность механической обработки и коэффициент использования металла.

- В **серийном** производстве заготовки валов получают из проката путем разрезки с последующей механической обработкой или ковкой в недорогих подкладных или групповых переналаживаемых штампах. Широко используют ротационную ковку на ковочных машинах с программным управлением. При выборе того или иного метода получения заготовки следует сравнить себестоимость и коэффициент использования материала - Ки.м. Установлено, например, что если Ки.м штамповки больше чем Ки.м проката на 0,15, то более экономичной является заготовка полученная штамповкой.

- В **крупносерийном и массовом** производстве заготовки валов, как правило, получают резкой (рубкой) проката и последующей ковкой в дорогостоящих штампах, обеспечивающих минимальный припуск на обработку (1,5 – 2 мм) и максимальное приближение конфигурации заготовки к конфигурации готового вала. Используют также поперечно-винтовую прокатку. В указанных производствах Ки.м = 0,7 – 0,95.

*При механической обработке резанием валов в автоматизированном производстве, в частности на станках с ЧПУ, использование заготовок с низкой точностью **недопустимо**. В этом случае припуск и допуски заготовок должны быть на 10 – 30 % меньше, чем при обработке на станках с ручным управлением.*

Заготовки валов перед обработкой должны подвергаться правке и термической обработке для улучшения обрабатываемости и снятия остаточных напряжений.

Заготовки, подлежащие обработке на РТК, должны отвечать следующим требованиям:

- иметь однородные по форме и расположению поверхности для базирования и захвата, позволяющие устанавливать их без дополнительной выверки на станок с помощью универсальной технологической оснастки;
- иметь явно выраженные поверхности, которые можно использовать для транспортирования и складирования заготовок около станков в ориентированном виде, используя для этого стандартизированную вспомогательную оснастку (поддоны, ложементы и т.д.).

8. Технологии изготовления деталей автоматизированного производства

Технологический процесс разрабатывается на основе имеющегося типового или группового ТП. При отсутствии типового или группового ТП изготовления изделия, относящегося к определенной классификационной группе, ТП должен разрабатываться на основе использования ранее принятых прогрессивных решений, содержащихся в действующих единичных ТП изготовления аналогичных изделий.

Перед началом проектирования технологического процесса внимательно анализируют конструкцию комплексной детали и технические условия ее изготовления на предмет возможного улучшения технологичности и изготовления деталей в условиях автоматизированного производства.

При проектировании технологических процессов для автоматических производств необходимо обеспечить:

- достижение равной или кратной производительности на отдельных видах оборудования для получения большей синхронизации работы и загрузки проектируемого комплекса;
- автоматизацию не только переходов обработки, но и всех вспомогательных переходов;
- длительное сохранение заданной точности;
- высокую надежность и безаварийность работы за счет тщательной проработки всех вопросов контроля;
- блокировки, сигнализации, резервирования и отвода стружки;
- удобство транспортирования и базирования обрабатываемой детали.

При разработке технологического процесса обработки в условиях автоматизированного производства на РТК нужно обеспечить:

- максимально возможную **концентрацию** операций на станках с ЧПУ, позволяющую сократить число перестановок и сократить время производственного цикла;
- использование технологической **оснастки**, позволяющей при быстрой и легкой переналадке получить точное базирование и надежное крепление заготовок широкого диапазона размеров;
- тщательную подготовку **технологических баз**, которая может выполняться на РТК или вне его перед поступлением заготовки на комплекс.

Примечание. *На РТК рекомендуется выполнять технологические операции, время выполнения которых не превышает нормативного периода стойкости режущего инструмента.*

При разработке технологического процесса после выбора заготовки производят анализ различных вариантов базирования и определяют комплект технологических баз, маршрут и методы обработки исходя из обеспечения требуемой точности и производительности обработки.

При назначении маршрута необходимо установить число переходов, необходимых для обеспечения точности детали по отдельным ее параметрам:

точности размеров, формы и относительного положения поверхностей, шероховатости поверхности.

После того как разработана последовательность выполнения переходов, определяют **станкостоемость** каждого перехода по нормативам или монограммам.

Важным этапом при проектировании маршрутной технологии является выбор структуры (**концентрации**) операций по оперативному времени от которого зависит производительность процесса изготовления изделия. В свою очередь, **оперативное время** складывается из основного времени и вспомогательного.

Основное время затрачивается на изменение размеров, формы, состояния поверхностного слоя полуфабриката или на изменение его положения при сборке.

Вспомогательное время затрачивается на приемы, сопутствующие изменению качественных характеристик полуфабриката.

При рассмотрении **временных структур выполнения операций** можно выделить следующие **способы** их реализации:

- последовательный,
- параллельно-последовательный и
- параллельный.

Последовательная структура характеризуется тем, что каждый режущий инструмент обрабатывает полуфабрикат последовательно по переходам, а времена, затрачиваемые на установку заготовки и съем изделия, на подвод, отвод, замену инструмента и другие вспомогательные операции не совмещены между собой и с основным временем.

Параллельно-последовательная структура характеризуется тем, что выполнение основных приемов в операции осуществляется параллельно-последовательным способом, вспомогательные приемы совмещены, а основные и вспомогательные приемы не совмещены, т.е. протекают последовательно во времени.

Параллельный способ характеризуется параллельным способом выполнения всех основных и вспомогательных приемов, а также их совмещение во времени. Это значит, что все инструменты и на всех позициях работают одновременно, вспомогательные процессы совмещены со временем формообразования.

В автоматизированном производстве желательно уменьшение количества станков за счет повышения степени концентрации технологических переходов и применения многоинструментального оборудования.

При разработке технологического процесса особое внимание следует обратить на выбор установочных баз, использовать принцип их постоянства и совмещения измерительных и технологических баз. Это необходимо для уменьшения различных положений детали в процессе ее производства. Каждое изменение положений разрабатываемой детали вызывает необходимость применять кантователь, автооператор и др., что усложняет устройство автоматизированного участка или линии. При единой технологической базе упрощается также транспортировка обрабатываемой заготовки от одной позиции к другой. Анализируя конструкцию детали, следует обратить внимание на возможность многоинструментальной обработки и применения высокопроизводительного многолезвийного инструмента, на легкость удаления стружки и отвода смазочно-охлаждающей жидкости.

С учетом приведенных требований осуществляется проектирование автоматизированного группового технологического процесса для комплексной детали.

Для операций, которые должны выполняться на автоматическом оборудовании, определяется количество основного и вспомогательного технологического оборудования, выбирается структура и схема автоматического комплекса, а так же дается техническое обоснование предлагаемой автоматической производственной системы.

Примечание. В рамках курсовой работы предлагается рассмотреть возможность использования для производства деталей гибкую производственную систему в виде роботизированного комплекса (РТК)

9. Структуры автоматизированного производства

Структура автоматического производства дает представление о пространственном расположении станочного и вспомогательного оборудования и связи всех рабочих позиций единой транспортной системой потока деталей. Каждое рабочее место, на котором деталь подготавливается, обрабатывается, очищается, измеряется, складывается, зажимается (разжимается) и консервируется является вместе с соответствующим оборудованием рабочей позицией. В состав комплекса входят: станки, автоматический склад заготовок и готовой продукции, промежуточные накопители, устройства загрузки оборудования, транспортирующие устройства.

В задачу **транспортирования** потока деталей входит такое перемещение деталей через рабочие позиции, при котором достигается минимум среднего времени цикла обработки всех деталей. Транспортная система потока деталей состоит из загрузочных устройств и внутреннего транспорта. Загрузочные устройства обеспечивают снабжение деталями, взятыми с позиций подготовки всех станков, измерительных и других устройств, а внутренний транспорт обеспечивает перемещение деталей между внутренними накопителями, складом, перегружателями

Следует иметь в виду, что проектирование автоматических производственных систем - итерационная процедура: в ходе проектирования нередко приходится возвращаться к пересмотру ранее принятых решений после выявления их несоответствия тем или иным новым требованиям или решениям.

При **разработке структуры** автоматического производственного комплекса необходимо знать потребное количество основного и вспомогательного оборудования для обеспечения заданной программы выпуска деталей.

Определить количество основного оборудования, включаемого в автоматический комплекс, можно, исходя из среднего такта выпуска деталей на комплексе

Средний такт выпуска деталей

$$\tau = \frac{\Phi_0 * K}{N_r}$$

где Φ_0 - номинальный фонд времени работы оборудования, ч.

$K=0,9$ - коэффициент использования оборудования;

N_r - годовая программа выпуска деталей.

Расчетное число оборудования определяется как отношение времени обработки детали на станке (станкочемкости операции равной штучному времени $t_{шт}$) к среднему такту выпуска деталей.

$$S = \frac{t_{шт}}{\tau}$$

Работа автоматизированного комплекса во многом зависит от работы его транспортной системы, которая может состоять только из системы транспортирования деталей или включать в себя еще и систему транспортирования инструмента. Транспортная система располагается вдоль станков с одной стороны или вокруг них, а транспортирование заготовок и обработанных деталей осуществляется либо с помощью роликовых конвейеров (непрерывный транспорт), либо подвижных механизмов: штабелеров, промышленных роботов и т.д. (дискретный транспорт).

10. Техническое обоснования выбора РТК

Эффективность использования оборудования может быть оценена с помощью безразмерных коэффициентов

Чем чаще и длительнее простои, тем ниже производительность. Влияние **внецикловых простоев** на производительность можно оценить, используя коэффициенты:

$\eta_{исп}$ - коэффициент использования;

$\eta_{ТЕХ}$ - коэффициент технического использования;

η_3 - коэффициент загрузки.

Фактическую производительность можно представить в следующем виде

$$Q_{\phi} = \frac{1}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}} = \frac{1}{T_P + T_X} * \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}} = Q_{\zeta} \eta_{исп},$$

Где $Q_{\zeta} = \frac{1}{T_P + T_X} = \frac{1}{T_{\zeta}}$ - цикловая производительность,

$\eta_{исп} = \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}}$ - коэффициент использования, характеризующий эффек-

тивность использования оборудования, т.е. доля времени обработки в общем объеме.

Между коэффициентом использования $\eta_{исп}$ и коэффициентами $\eta_{ТЕХ}$, η_3 существует соотношение:

$$\eta_{исп} = \eta_{ТЕХ} \eta_3$$

$$\eta_{исп} = \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}} = \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}} * \frac{T_P + T_X + T_C}{T_P + T_X + T_C} = \eta_{ТЕХ} \eta_3,$$

Где $\eta_{ТЕХ} = \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C}$ - коэффициент технического использования;

$\eta_3 = \frac{T_P + T_X + T_C}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}}$ - коэффициент загрузки.

Величина $\eta_{ТЕХ}$ определяется с учетом только собственных потерь. Он характеризует прежде всего долговечность, качество надежность механизмов и инструментов, стабильность технологического процесса Его значение показывает какую долю времени работает оборудование при условии обеспечения всем необходимым.

Производительность машины с учетом только собственных потерь (техническая производительность)

$$Q_{ТЕХ} = Q_{\zeta} \eta_{исп} = \frac{1}{T_P + T_X} * \frac{T_P + T_X}{T_P + T_X + T_C + T_{BH}}$$

Коэффициент загрузки определяется с учетом собственных организационно-технических потерь (T_{BH}). Его значение показывает какую долю времени машина (оборудование) обеспечена всем необходимым.

Так, значения $\eta_{TECH}=0,7$ и $\eta_3=0,8$ означают, что в общем фонде времени машина обеспечена всем необходимым для бесперебойной работы (заготовками, инструментом, электроэнергией и пр.) только на 80 % времени и в этот период она работает только 70 % (остальное время простаивает по техническим причинам — из-за отказов, смены инструментов, наладок и др.). В этом случае коэффициент использования машины составит

$$\eta_{ИСП} = \eta_{TECH} \eta_3 = 0,7 * 0,8 = 0,56$$

Т.е. оборудование используется на 56%.

Таким образом, все категории (виды) производительности связаны между собой через безразмерные коэффициенты следующим образом:

$$Q_T = \frac{1}{T_P}$$

$$Q_{Ц} = Q_T \eta$$

$$Q_{TECH} = Q_{Ц} \eta_{ИСП} = Q_T \eta \eta_{TECH}$$

$$Q_{Ф} = Q_{Ц} \eta_{ИСП} = Q_T \eta \eta_{TECH} \eta_3$$

$$Q_T \gg Q_{Ц} \gg Q_{TECH} \gg Q_{Ф}$$

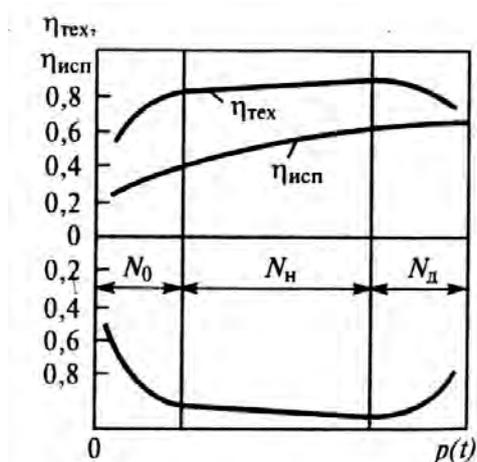


Рис. 5. Изменение показателей оборудования в процессе эксплуатации

Все показатели и коэффициенты производительности в общем случае являются функциями времени и изменяются в процессе эксплуатации машин в результате действия различных факторов (износа, старения, коррозии, коробления, (вибраций, разрегулирования, повреждений, поломок и др.). На рис.5. Показаны типовые зависимости изменения коэффициента использования $\eta_{ИСП}$ и коэффициента технического использования

$\eta_{ТЕХ}$ в процессе эксплуатации машин.

Чтобы определить фактическую производительность, необходимо изучить и учесть потери времени по инструменту, по оборудованию, организационно-технические потери (т. е. все внецикловые потери) и построить баланс производительности оборудования или автоматизированной системы. По балансу производительности определяют коэффициент производительности η , коэффициент технического использования $\eta_{ТЕХ}$ и коэффициент использования автомата или автоматизированной системы $\eta_{исп}$.

Баланс производительности отражает реальное соотношение цикловых и внецикловых потерь, позволяет выделить максимальные потери и тем самым наметить пути повышения производительности автоматизированного оборудования.

Коэффициенты позволяют анализировать влияние отдельных видов потерь и принимать необходимые решения по повышению производительности оборудования или по внедрению того или иного оборудования при сравнении со старым.

Проектировать технологический процесс и автоматизированное оборудование на основе совмещения, концентрации технологических операций, выбирать такие структурные схемы станков-автоматов и автоматических линий, которые обеспечивали бы оптимальную концентрацию технологических операций в каждом рабочем агрегате.

Для расчетов безразмерных коэффициентов используются временные характеристики технологического процесса и рекомендации по использованию фонда времени (Приложение табл. 4, 5)

11. Выбор технологического оборудования для РТК

Компоновка автоматизированных комплексов неразрывно связана с его структурой и выбранным основным и вспомогательным оборудованием. Состав металлорежущего **оборудования** в основном обусловлен конструктивно-

технологическими особенностями обрабатываемых деталей. При выборе технологического **оборудования**, входящего в состав РТК необходимо стремиться к максимальному использованию технических возможностей оборудования (мощности главного привода, количества инструментов в магазине, систем управления и контроля, систем загрузки и выгрузки деталей, систем уборки стружки и т. д.).

При **выборе основного технологического оборудования** нужно учитывать компоновочную и программную стыковку с транспортно-складскими системами, загрузочными и измерительными устройствами.

В качестве оборудования транспортно-загрузочной системы используются целевые механизмы различных типов и промышленные роботы.

Промышленный робот выбирается исходя из требований, которые предъявляются к нему в соответствии с технологическим процессом.

Если робот предназначен для загрузки (выгрузки) деталей в технологическое оборудование, то необходимо учитывать:

- количество обслуживаемого оборудования,
- размеры зоны обслуживания,
- массу транспортируемых грузов (детали),
- взаимосвязь с технологическим оборудованием, его положение в РТК,
- систему управления и др.

В таблице 7 приведены примеры оптимального сочетания станков и роботов, выпускаемых отечественных технологических комплексов. Применение в качестве загрузочных устройств **промышленных роботов** допускает 3 основные схемы их размещения относительно основного оборудования:

1. Напольное - робот устанавливается на полу перед станком;
2. Подвесное - робот порталный и устанавливается над оборудованием;
3. Навесное - робот устанавливается на переднюю бабку станка, станину, либо другую его часть.

Для работы РТК в течение длительного времени рекомендуется выбирать **накопитель деталей**. Накопитель деталей, входящий в состав РТК, должен позволять бесперебойно работать в течение заданного промежутка времени. Рекомендуется выбирать промежуток времени - 4-8 часов. Количество деталей в накопителе определяется исходя из операционного времени.

Если для работы РТК в течение заданного времени требуется накопитель с большим количеством деталей, то рекомендуется предусмотреть межоперационную автоматическую транспортно-складскую систему.

Потребное количество основного технологического оборудования определяется исходя из технологического процесса.

12. Компоновка комплекса

Обосновав выбор того или иного **оборудования** в пояснительной записке, и определив его геометрические параметры, приступают к компоновке комплекса. При этом целесообразно вырезать из бумаги макеты всех материальных элементов комплекса, включая стойки систем управления, выполненные в определенном масштабе, проработать различные варианты компоновки и выбрать наилучший. Важно добиваться уменьшения между соседним оборудованием, предусмотрев удобство обслуживания. При обслуживании станков роботами, необходимо обеспечить минимальное количество точек позиционирования, что особенно важно при использовании роботов с цикловой системой управления. Анализ робота начинают с перемещений рабочего органа вблизи рабочей зоны отдельного оборудования. Прорабатывается установка и съем изделия с оборудования, условия сопряжения изделия со схватом и технологической оснасткой, вход и выход схвата из рабочей зоны оборудования. Затем оценивается перемещение робота между обслуживаемым оборудованием. Разработанная компоновка вычерчивается в масштабе с упрощенным изображением оборудования, указанием мест установки обрабатываемой детали на сто-

ле или в патроне станка, в накопителе и т.д.; обозначаются зоны обслуживания роботов и других транспортных устройств

13. Виды РТК и их компоновки

Станок (группа станков), обслуживаемый промышленным роботом (ПР), составляет так называемый роботизированный технологический комплекс (РТК)

В состав типовых РТК включаются ПР; металлорежущие станки; вспомогательное транспортное оборудование, накопители, магазины заготовок и изделий и т.п.

В зависимости от числа станков, обслуживаемых одним ПР, различают **одностаночные и многостаночные** РТК. При малом времени (менее 3 минут) обработки, а также в условиях крупносерийного производства используют однопозиционные РТК на базе ПР с цикловым программным управлением, предназначенные для обслуживания одного станка

Помимо указанного оборудования в состав любого РТК входят устройства управления как отдельным ПР, так и всем РТК. Число устройств управления, как правило, равно числу станков и других технологических машин (в том числе и ПР), входящих в состав РТК. В ряде случаев управление РТК осуществляется системой управления ПР.

Для обработки деталей типа тел вращения в основном используют РТК трех видов компоновки:

- однопозиционный с одним напольным, порталным или встроенным в станок ПР;
- многопозиционный круговой компоновки с ПР напольного типа;
- многопозиционный линейной и линейно-параллельной компоновки из двух и более станков с ПР порталного типа.

Линейные компоновки РТК предпочтительнее круговых, так как требуют меньшей площади, не требуют остановки всего РТК при переналадке и ремонте, увеличивается число обслуживаемых станков.

При выборе **способа установки** заготовок на тактовом столе (ТС) и количества заготовок на □паллете (спутнике), необходимо учитывать зону работы ПР, точность его позиционирования, размеры и компоновку захвата. Готовую деталь можно ставить на ТС или на предусмотренную для этого отдельную тару. Спутники разрабатываются применительно к конкретным деталям.

При загрузке РТК необходимо учитывать: размеры заготовок и номенклатуру деталей, допускаемую захватами нецентричность, возможный угол захвата. Тактовый стол подбирается исходя из габаритов и массы заготовок.

При обработке некоторых деталей выявляется необходимость применения стола для кантования детали или для перебазирования в захватах, который должен находиться в зоне действия ПР.

Для примера рассмотрим некоторые компоновки РТК.

Однопозиционные РТК

Однопозиционные РТК на базе токарных станков мод.16К20Ф3, Т5К20РФ3 или 16К20Т1 предназначены для токарной обработки деталей типа тел вращения из штучных заготовок в автоматическом режиме в мелкосерийном и серийном производстве с повторяющимися партиями деталей.

В цикле работы РТК заготовки автоматически поочередно подаются роботом на станок. Обработанные детали передаются роботом со станка на свободные □паллете тактового стола.

Программа обработки конкретной детали вводится в УЧПУ с клавиатуры, перфоленты, магнитной кассеты.

Программа перемещений робота для установки и снятия конкретной детали вводится УЧПУ робота в режиме обучения и может находиться в памяти УЧПУ робота. Кроме этого система управления робота «Контур 1» выполняет

функции управления всем РТК т.е. включает токарный станок для работы по программе, автоматический патрон станка, ограждение станка и тактовый стол.

Однопозиционный РТК 16К20Ф3Р219 (рис. 6) на базе токарного станка 16К20Ф3 1 с ЧПУ (2Р22 или 2У22) 2 и ПР напольного типа мод. М20П40.01 3 служит для обработки деталей типа валов (D до 120 мм; L до 500 мм; m до 10 кг) и фланцев (D до 150 мм; L до 110 мм; m до 5 кг). В состав РТК входит горизонтальный магазин-накопитель (тактовый стол – СТ150 или СТ220, СТ350) 10 замкнутого тип вместимостью 12—24 заготовки.

ПР имеет УЧПУ робота 3 (Контур 1), пульт обучения робота 4 (ПОРП), захват 5, поворотный блок 6, шток 7 горизонтального перемещения схвата, поворотное устройство 8 в горизонтальной плоскости, каретка 9 вертикального перемещения схвата.

ПР выполняет операции загрузки и разгрузки станка, а также дает команды на пуск станка 1, управление зажимным патроном 11, подвижным ограждением рабочей зоны 12, тактовым столом 10.

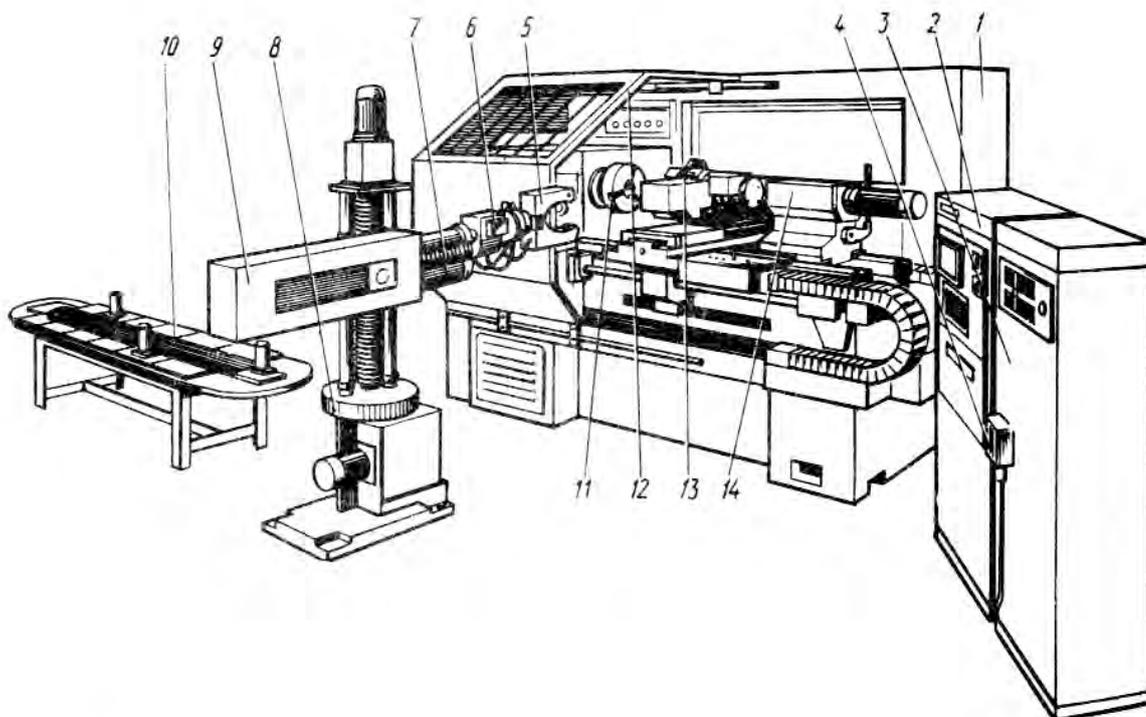


Рис. 6. РТК 16К20Ф3.Р с роботом М20П.40.01

ПР имеет пять программируемых перемещений: вертикально -2 (вверх и вниз) каретки 9 в пределах 500 мм, ее поворот в горизонтальной плоскости до $300^\circ - 0$, горизонтальное перемещение штока 7 – $R = 1040 - 2140$, угловое положение поворотного блока 6 – до 180° .

Установка и сьем обрабатываемой детали в патрон станка в данном РТК осуществляется путем поворота робота устройством 8. Так как расстояние между осью поворота ПР и патроном достаточно большое, подпружиненный схват компенсирует погрешности поворотного вместо поступательного движения загружаемой детали в патрон.

Технические характеристики напольного промышленного робота М20П.40.01 позволяют обслуживать несколько станков, входящих в состав РТК.

Тактовый стол (ТС) (рис. 7) комплекса предназначен для транспортирования деталей в зону захвата ПР.

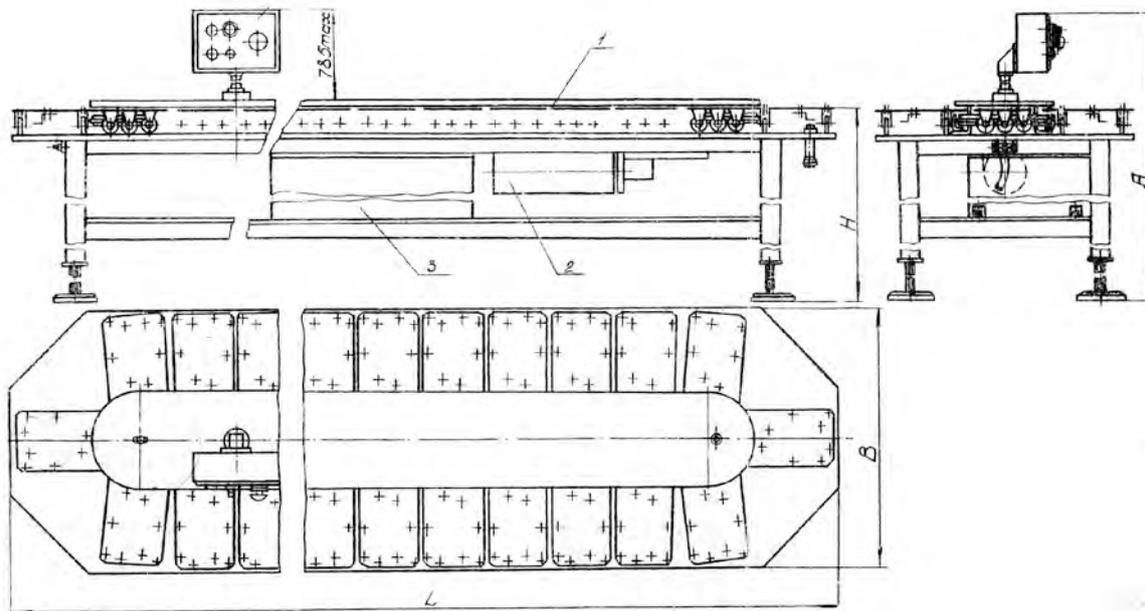


Рис.7. Общий вид тактового стола

Тактовый стол может работать в трех режимах:

- ручного управления;

- автоматического управления;
- режима непрерывного вращения.

При работе тактового стола в автоматическом режиме команды управления поступают от системы ЧПУ робота. При этом может осуществляться шаговое и непрерывное перемещение паллет.

Технические характеристики тактовых столов:

Таблица 8

№	Наименование параметра	Модель		
		СТ 150	СТ 220	СТ 350
1	Тип стола	Пластинчатый		
2	Тип привода	Электрический		
3	Размер паллет, мм	150x150	230x230	350x350
4	Число палет	24	24	12
5	Максимальный диаметр детали, устанавливаемой на паллете, мм	125	200	300
6	Грузоподъемность одной паллеты, кг	10	20	20
7	Время поворота с позиции на позицию, с	8	12	20
8	Точность позиционирования паллет, мм	1		
9	Мощность электродвигателя, кВт	0,55		
10	Габаритные размеры стола, мм			
	длина	2250	3260	3040
	ширина	650	700	960
	высота	1085	1085	1085
11	Масса стола, кг	250	365	385
12	Габаритные размеры электрошкафа, мм	550x260x290		

Применение тактового стола (ТС) необязательно. Можно, используя УЧПУ робота, запрограммировать съем и укладку обрабатываемых деталей на стационарном столе – режим палетирования деталей. Это достигается благодаря возможности программирования ПР по вертикали (устройство 9) и по углу (устройство 8). Применение ТС или стационарного стола зависит от конкретных производственных условий. В первом случае требуется больше производственной площади, в другом — программа работы ПР.

Многопозиционный РТК

Многопозиционный РТК мод. АСВР-01 (АСВР-02) предназначен для токарной обработки валов ($D = 50 \dots 140$ мм; L до 1400 мм, m до 160 кг) в условиях серийного производства. Производительность РТК до 50 000 валов в год.

Установка обрабатываемых заготовок в самоцентрирующем патрубке; в центрах; в патроне и заднем центре.

Предусмотрены три варианта работы РТК: АСВР

- 1) последовательная обработка деталей на станках, налаженных на выполнение разных операций;
- 2) параллельная обработка деталей одного наименования на станках, налаженных на выполнение одинаковой операции;
- 3) параллельная обработка деталей двух наименований на станках, налаженных на выполнение соответствующих операций.

РТК (рис. 8) состоит из фрезерно-центровального станка 1 мод. МР-179, двух токарных станков 3 мод. 1Б732Ф3 (в АСВР-02 три станка этой модели); ПР 2 мод. УМ 160Ф2.81.01; вспомогательного оборудования и системы обеспечения безопасной работы. ПР перемещается по монорельсу. Перед станками расположены промежуточные позиции 5 и магазины-накопители 4. РТК оснащен защитным устройством

На станке МР-179 фрезеруются торцы заготовки и обрабатываются центровые отверстия с двух сторон за один рабочий цикл. Частота вращения фрезерного шпинделя $90—500 \text{ мин}^{-1}$, сверлильного $180—1000 \text{ мин}^{-1}$. Подача при фрезеровании $20—400 \text{ мм/мин}$, при сверлении $20—300 \text{ мм/мин}$.

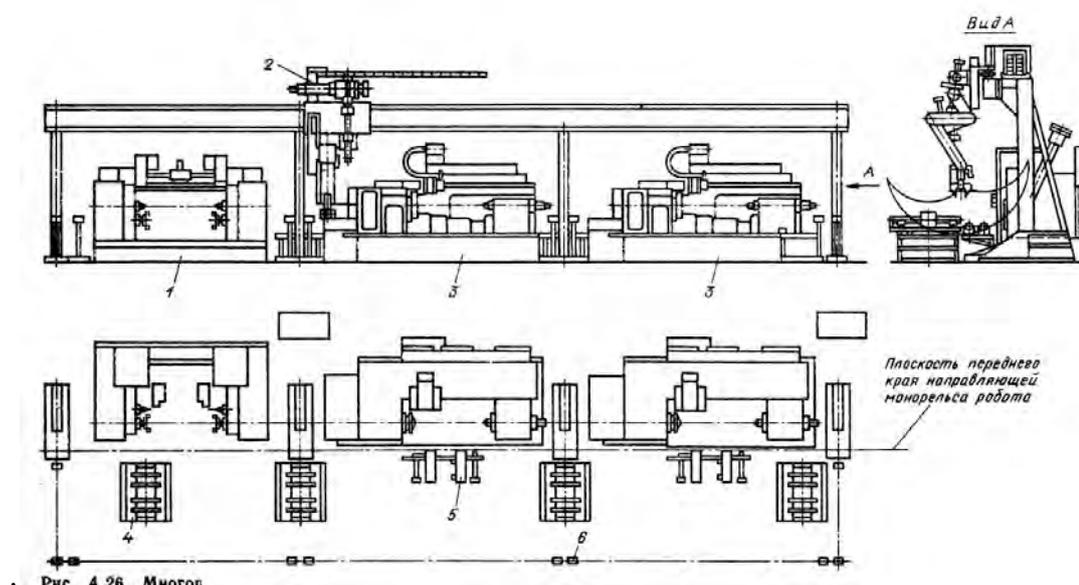


Рис. 8. Многопозиционный РТК мод. АСВР-01

На токарных станках 1Б732Ф3 с ЧПУ типа Н221М обрабатываются цилиндрические, конические, сферические поверхности, прорезаются канавки и нарезается резьба. Размеры заготовок: до 400 мм; /, до 1400 мм. Частота вращения шпинделя 25 - 1250 мин⁻¹; подача суппорта 2,5 - 480 мм/мин. Мощность электродвигателя главного привода 40 кВт.

ПР мод. УМ160Ф2.81.01 осуществляет установку заготовок, снятие деталей, их межстаночное транспортирование. Грузоподъемность до 160 кг, погрешность позиционирования не более ±1 мм при максимальных скоростях перемещения отдельных звеньев 0,8—1,6 м/с. ПР может обслуживать до 40 моделей различного технологического оборудования. Система ЧПУ робота УМП-331 обеспечивает индивидуальное обслуживание станков по вызовам. Если вызовы поступают одновременно с двух и более станков, то устанавливается система приоритета, по которой ПР в первую очередь обслуживает станок с наиболее длительным циклом обработки. В долговременной памяти СЧПУ робота хранятся индивидуальные программы обслуживания каждого станка. После вызова система управления ПР осуществляет поиск в памяти программы обслуживания данного станка.

ПР комплектуется широкодиапазонными захватными устройствами, оснащенными датчиками внешней информации. ПР выполняет следующий круг операций:

- поиск заготовок в накопителе;
- обработка заготовок с недопустимыми отклонениями размеров;
- переустановка;
- промежуточное складирование и укладка деталей в выходные позиции РТК.

ПР программируется методом обучения. СЧПУ является центральной системой управления электроавтоматикой РТК при групповом обслуживании станков.

Станки РТК оснащены устройством автоматического подвода-отвода ограждения и пиноли, устройством автоматического зажима - освобождения патрона, датчиками, фиксирующими наличие детали в станке и контролирующими состояние патрона, УЧПУ и электроавтоматикой, обеспечивающими диалог между станком и ПР и выполнение других функций.

14. Компоновка РТК

Компоновка РТК разрабатывается исходя из технологического процесса, количества основного и вспомогательного технологического оборудования, геометрических параметров, условий технического обслуживания, временных взаимосвязей составных элементов РТК, объемов производства, внешних условий (располагаемые площади) и др.

Для этого целесообразно вырезать из бумаги макеты всех материальных элементов комплекса, включая стойки систем управления, выполненные в определенном масштабе, и на миллиметровой бумаге проработать различные варианты компоновки при условии расположения приспособлений станков в зоне обслуживания робота и выбрать наилучший. Важно добиваться уменьшения расстояния между соседним оборудованием, предусмотрев удобство обслуживания. При обслуживании станков роботами, необходимо обеспечить минимальное количество точек позиционирования, что особенно важно при использовании роботов с цикловой системой управления. Анализ работы начинают с перемещений рабочего органа вблизи рабочей зоны отдельного оборудования. Прорабатывается установка и съём изделия с оборудования, условия сопряжения изделия со схватом и технологической оснасткой, вход и выход схвата из рабочей зоны оборудования. Затем оценивается перемещение робота между обслуживаемым оборудованием. Разработанная компоновка вычерчивается в масштабе с упрощенным изображением оборудования, указанием мест установки обрабатываемой детали на столе или в патроне станка, в накопителе и т.д.; обозначаются зоны обслуживания роботов и других транспортных устройств, строится траектория движения схватов роботов.

Например для мелкосерийного и серийного производства используется однопозиционный РТК (рис. 9)

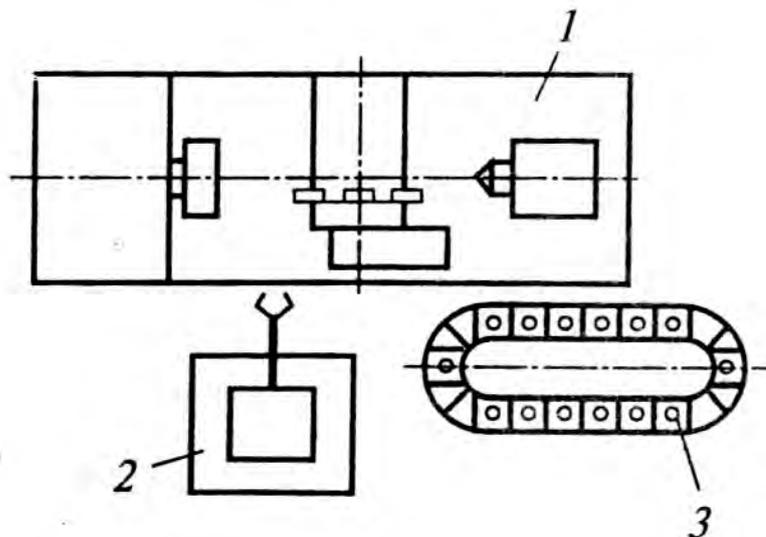


Рис. 9 Компоновка РТК
1- токарный полуавтомат; 2 – промышленный робот; 3 – тактовый стол

15. Работа РТК.

Программа работы РТК может быть представлена в виде последовательности команд управления роботом или состоять из ряда подпрограмм. Подпрограммы могут быть реализованы в любой последовательности:

- подпрограмма ожидания вызовов станка (вызывается после требуемого обслуживания каждого из станков);
- подпрограмма загрузки станков;
- подпрограмма разгрузки станков.

Подпрограмма загрузки-выгрузки согласно информации с датчиков станков, ложементов и тары, с учетом выбранного приоритета обеспечивает вызов соответствующих подпрограмм обслуживания станков. Вызов станка отсутствует во время его работы и поступает после окончания цикла обработки заготовок.

Подпрограмма загрузки станка обеспечивает последовательность выполнения следующих действий:

- перемещение ПР над ложементом станка;
- захват заготовки из ложемента или промежуточной тары;
- перемещение руки ПР в зону обработки;
- установка заготовки в патрон;
- предварительный зажим заготовки задним центром;
- зажим заготовки кулачками патрона;
- вывод руки ПР из зоны обработки. Окончание этой подпрограммы сопровождается закрытием защитных экранов станков и командой на начало обработки заготовки.

При отсутствии заготовок, подлежащих обработке на данном станке, в ложементе или в промежуточной таре блокируется переход к подпрограмме загрузки данного станка.

Подпрограмма разгрузки станка обеспечивает последовательное выполнение следующих действий:

- перемещение руки ПР в зону обработки;
- захватывание обработанной детали;
- разжим кулачков патрона и отвод заднего центра;
- вывод руки с деталью из рабочей зоны станка.

После выполнения этих операций ПР в зависимости от состояния оборудования РТК может выполнять:

- загрузку следующего по технологическому процессу станка;
- укладку заготовки в ложемент.

16. Алгоритм работы РТК

Управляющая программа для промышленного робота, обслуживающего, металлорежущие станки, в значительной степени определяется технологией изготовления изделия, маршрутом движения ПР, конструкцией ПР и численностью входящих в РТК оборудования.

Для разработки управляющей программы составляется алгоритм работы РТК.

Например, РТК с компоновкой, представленной на рис. 8 выполняет загрузку-разгрузку, переустановку деталей и их обработку.

1. Для выполнения заданного цикла обработки детали за два установка необходимы следующие движения (переходы):

- загрузка заготовки в патрон станка,
- зажим заготовки в патроне,
- отвод руки ПР,
- обработка детали (установ 1),
- переустановка детали в патроне станка,
- отвод руки ПР,
- обработка детали (установ 2),
- разгрузка детали из патрона на тактовый стол,
- перемещение тактового стола на один шаг (на одну позицию).

2. В формировании заданного цикла участвуют следующие механизмы:

Станка

- зажима детали (патрон),
- вращения детали,
- подача суппорта,
- поворота резцовой головки,
- перемещения ограждения.

Промышленного робота

- подъема руки,
- поворота руки относительно вертикальной оси.
- выдвижение руки,
- зажима схвата,
- ротации схвата (поворота схвата относительно горизонталь-

ной оси),

- поворота схвата относительно вертикальной оси,

Тактового стола

- перемещение детали (заготовки) на один шаг.

1. Исходное положение оборудования и его механизмов:

- Патрон станка разжат;
- Ограждение открыто;
- Суппорт в нулевой (исходной) позиции;
- В резцовой головке установлен необходимый комплект инструментов для обработки заданной детали;
- Линии центров станка выше уровня расположения заготовок на тактовом столе;
- Схват робота разжат;
- Ось детали, первоначально зажимаемой в схвате - горизонтальная;
- Схват – на уровне расположения заготовок на тактовом столе;
- Заготовка расположена на тактовом столе в призмах против схвата ПР.

4. Цикл работы ТРК можно представить в следующем виде:

- цикл работы РТК начинается с момента начала работы станка по управляющей программе;
- по завершению обработки детали одной стороны детали по управляющей программе (№ 1) система управления станка выдает команду на открытие ограждения станка и делает запрос на его обслуживание промышленным роботом;
- рука ПР входит в рабочую зоны станка;
- схват робота зажимает деталь;
- открывается патрон;
- ПР выводит деталь из патрона

- поворот детали на 180 градусов (ротация схвата);
- ПР вводит деталь в патрон;
- патрон станка зажимает деталь;
- схват робота открывается,
- рука робота выходит из рабочей зоны станка;
- закрывается ограждение станка;
- включается управляющая программа станка по обработке второй стороны детали по УП (№2);
- промышленный робот находится в режиме ожидания запроса от станка;
- по завершению обработки детали система управления станка выдает команду на открытие ограждения станка и делает запрос на его обслуживание промышленным роботом;
- рука ПР входит в рабочую зоны станка;
- схват робота зажимает деталь;
- открывается патрон;
- ПР выводит деталь из патрона;
- робот транспортирует деталь к тактовому столу с поворотов детали в положении, в котором заготовки находились на ТС;
- ПР устанавливает деталь на паллету тактового стола с которой была взята заготовка;
- схват робота открывается (освобождает деталь);
- ПР поднимает схват над ТС;
- тактовый стол перемещает паллеты на один шаг (на позицию загрузки-выгрузки поступает заготовка);
- ПР опускает схват к заготовке;
- схват зажимает заготовку;
- ПР поднимает заготовку;
- транспортирует заготовку с поворотом оси заготовки в гори-

- зонтальное положение в рабочую зону станка;
- робот вводит заготовку в патрон станка;
- патрон станка зажимает заготовку;
- схват робота открывается и освобождает деталь;
- рука робота выходит из рабочей зоны станка;
- закрывается ограждение станка;
- включается управляющая программа станка по обработке первой стороны детали по УП (№1);
- промышленный робот находится в режиме ожидания запроса от станка.

Цикл работы РТК завершился.

17. Расчет временных связей РТК

Для построения циклограммы работы РТК необходимо определить временные связи оборудования и его механизмов данной компоновки РТК. Для этого в соответствии с компоновкой РТК и с составленной последовательностью движений механизмов необходимо:

- на компоновке РТК построить траекторию движения схвата ПР с указанием опорных точек – точек изменения или окончания движений ПР,
- из траектории движения схвата ПР определяют линейные и угловые перемещения,
- выбрать скорости перемещения узлов и механизмов согласно их техническим характеристикам,
- определить время выполнения каждого движения.

Результаты расчетов заносятся в таблицу.

Пример заполнения таблицы расчета временных характеристик

Таблица 9

№	Опорные точки	Действия основного и вспомогательного оборудования РТК	Перемещения		Скорость мм/с, град/с	Время, с
			Ось координат	Величина, мм град.		
1		Открытие ограждения станка				3
2	1 - 2	Выдвижение руки робота в рабочую зону станка	X	400	250	1,6
3	2	Зажим детали схватом				2
4		открытие патрона				2

18. Циклограмма работы РТК

Циклограммы бывают двух видов: временная циклограмма работы комплекса и циклограмма последовательности работы

Временная циклограмма отражает во времени работу каждой единицы оборудования: станков, роботов, накопителей, транспортных устройств, склада, контрольно-измерительных машин и т.д. за полный цикл работы комплекса. По циклограмме определяются коэффициенты загрузки основного и вспомогательного оборудования, увеличения которых следует добиваться, при необходимости внося изменения в структуру комплекса

Циклограмма последовательности работы механизмов и узлов оборудования, входящего в состав комплекса, является практически алгоритмом его работы и служит исходной информацией для создания системы управления всем участком. Следует отметить отсутствие необходимости включать в циклограмму все механизмы комплекса, т.к. многие группы механизмов управляются самостоятельно от своих систем управления. Например, из всех механизмов станка в циклограмму следует включить механизм зажима детали, привод главного движения, ограждение. Работу **позиционных** промышленных роботов можно описать положением схвата в основных точках позиционирования, т.е. в точках зажима и разжима схвата. Циклограмму роботов с **цикло-**

вой системой управления лучше строить для отдельных степеней подвижности.

В последовательной циклограмме каждый такт циклограммы отражает новое положение механизмов автоматической системы, при этом соблюдается строгая последовательность их срабатывания от такта к такту.

Для удобства составления циклограммы, весь комплекс следует разбить на модули, а последние, в свою очередь, на отдельные виды оборудования.

В результате анализа построенной циклограммы даются рекомендации для разработки системы управления автоматическим комплексом и проектируется ее структурная схема.

Зная алгоритм работы РТК и временные связи строится временная циклограмма работы РТК (рис), с помощью которой определяется время такта РТК ($\tau_{РТК}$) и его производительность.

$$Q_{РТК} = \frac{1}{\tau_{РТК}}$$

19. Гибкие производственные модули

Повышение уровня автоматизации машиностроительного производства приводит к созданию ГПМ, включающих в себя автоматизированную единицу технологического оборудования или РТК для изготовления изделий определенного вида с возможностью изменения в заданном диапазоне их типоразмерных характеристик. В ГПМ дополнительно обеспечивается автоматическое измерение и контроль качества изготавливаемых изделий, диагностика состояния инструментов, механизмов и устройств самого оборудования, а также автоматическая подналадка технологического процесса и автоматическая переналадка оборудования на изготовление другого типоразмера изделия. ГПМ можно рассматривать как разновидность РТК с более высоким уровнем автоматизации всех вспомогательных, контрольно-измерительных и диагностических операций, с элементами адаптивного управления.

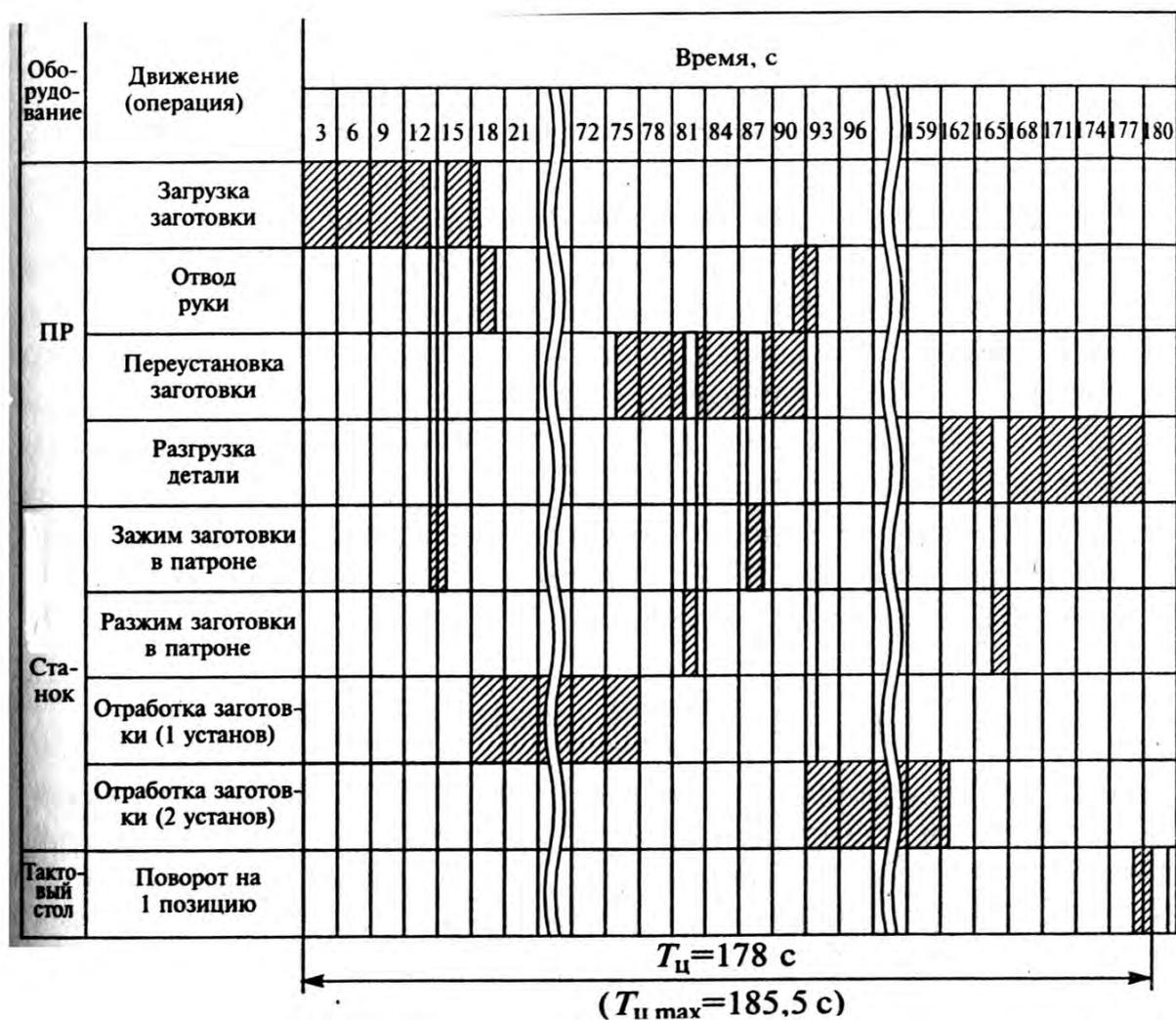


Рис. 10. Временная циклограмма работы РТК

Гибкий производственный модуль (ГПМ) состоит из единицы технологического оборудования, оснащенного УЧПУ и средствами автоматизации технологического процесса. ГПМ функционирует автономно, осуществляя многократные циклы, и может встраиваться в ГПС.

В общем случае в состав станочного модуля – ГПМ входят:

- станок с ЧПУ;
- транспортно-накопительная система;
- магазин инструментов и устройство их автоматической смены;
- устройства автоматического контроля размеров обработанных де-

талей;

- устройство контроля размеров режущего инструмента;
- система опознавания заготовок;
- система контроля за состоянием процесса резания;
- механизм автоматической смены элементов зажимных приспособлений.

На рис. 10 показан станочный модуль фирмы EMAG, выполненный на базе двухшпиндельного токарного станка 4 (рис. 11, а) с ЧПУ. Станок имеет механизированные приводы зажимных патронов, ограждения и соответствующие датчики для получения необходимых сигналов о состоянии оборудования, наличии заготовок и т. д.

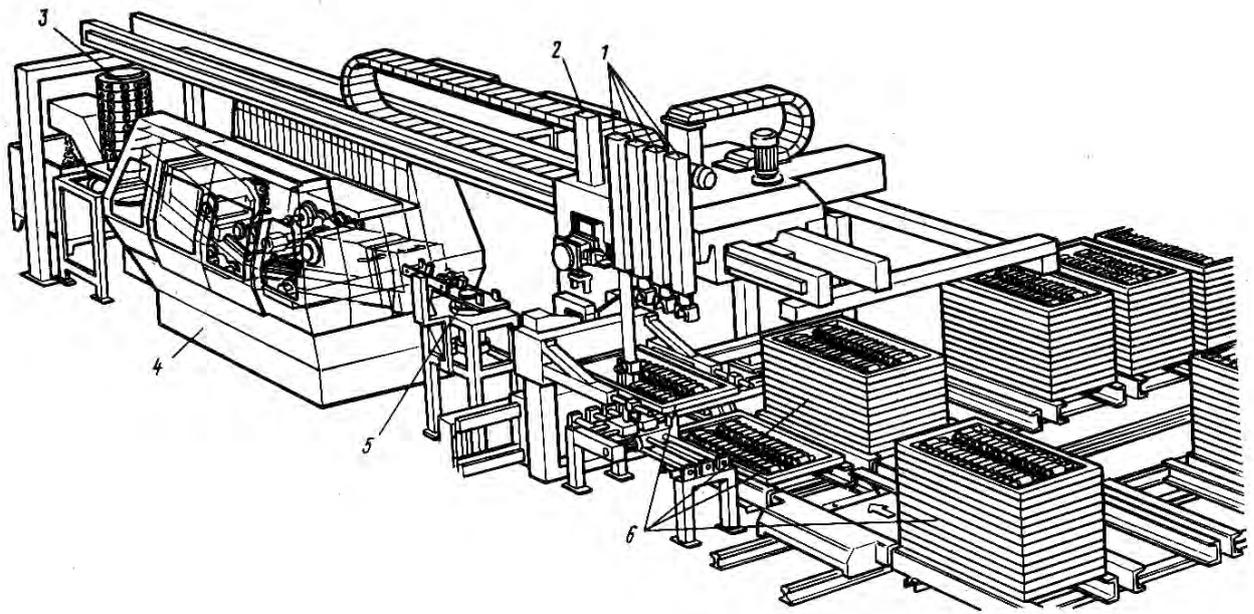
В состав модуля входит ПР 1, оснащенный четырьмя манипуляторами и предназначенный для загрузки - разгрузки станка. ПР способен одновременно взять с транспортно-накопительной системы 6 две заготовки и снять с двух шпинделей станка 4 две обработанные детали.

Кроме того, ПР устанавливает заготовку на призму поворотного стола 5, где она кантуется и одновременно контролируется, что позволяет сократить вспомогательное время. Наличие магазина 3 инструментов и устройства 2 их автоматической смены (в случае износа или поломки резца) обеспечивает работу модуля в течение значительного интервала времени (например, в течение двух смен) без участия обслуживающего персонала.

В ГПС для многономенклатурного мелкосерийного производства ГПМ оснащают широким набором дополнительных устройств, увеличивающих их гибкость. ГПМ, работающие в режиме безлюдной технологии, должны отвечать ряду специальных требований, которые можно разделить на **основные** и **дополнительные**.

Например, токарным ГПМ предъявляют следующие **основные** требования:

- управление от ЭВМ,
- наличие магазина инструментов,



a)



б)

Рис.11. Гибкий производственный модуль фирмы EMAG

- конвейера для сбора стружки,
- автоматический зажим и разжим заготовок в патроне станка.

К **дополнительным** требованиям относятся:

- возможность автоматической переналадки патрона по программе,
- регулировки по программе силы зажима заготовки определяемого жесткостью заготовки и силами резания,

- автоматической корректировки УП при изнашивании режущего инструмента и т.д.

Аналогичным требованиям должны отвечать и ГПМ на базе многоцелевых сверлильно-фрезерно-расточных станков. Кроме этого, такие ГПМ должны отвечать **специфическим** требованиям:

- наличие магазинов приспособлений-спутников,
- многошпиндельных головок,
- возможность замены комплектов инструментов или целиком инструментальных магазинов;
- замена тары для стружки
- емкостей для СОЖ при переходе на обработку различных материалов;
- очистка от стружки опорных поверхностей спутников и позиционных приспособлений;
- корректировка положения заготовки в спутнике и т.д.

Обязательным требованием к ГПМ является возможность его встраивания в ГПС. Поэтому он должен иметь стандартные сопрягающие устройства для стыковки с автоматическими транспортно-складскими системами (АТСС), с центральной ЭВМ, а также отдельными системами ЧПУ станков, ПР и транспортных устройств. ГПМ создают на основе модульного принципа.

На рис. 12 представлена компоновка отечественного ГПМ "Модуль 500" созданного на базе многоцелевого станка ИР-500МФ4, оснащенного дополнительным накопителем 5 приспособлений-спутников.

Для обеспечения автоматической работы станочного модуля в течение полутора-двух смен перед станком устанавливают многоместные загрузочные устройства (накопители) для спутников (рис. 13). Для передачи спутников на станок из позиций неподвижного накопителя применяют схему с использованием двух-позиционного перегружателя (каретки-оператора) (рис. 13, а). Загрузочное устройство карусельного типа (рис. 13, б) осуществляет передачу и прием спутников через одну позицию, расположенную перед станком.

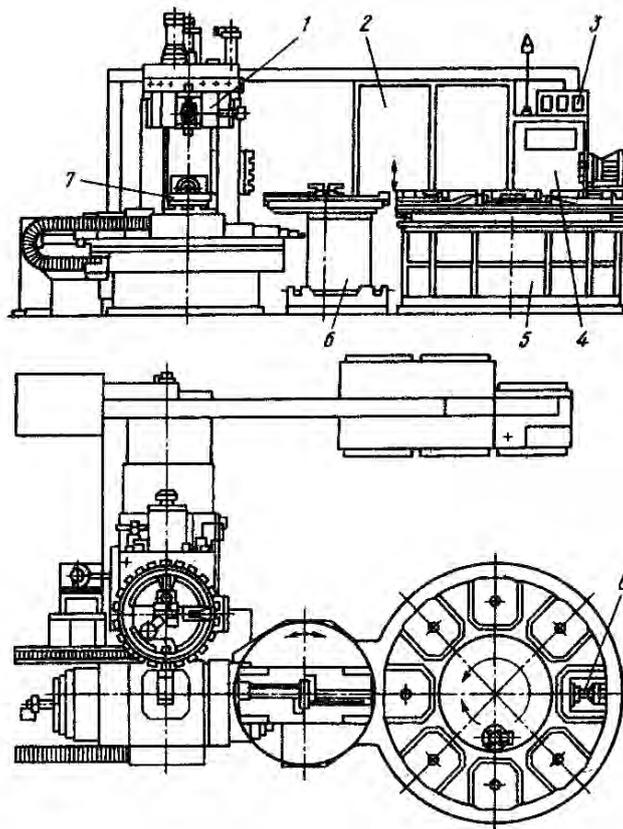


Рис. 12. Компоновка ГПМ "Модуль-500" на базе многоцелевого станка ИР-500 МФ4:

1 ~ станок; 2 — шкаф электрооборудования; 3 - система управления измерением параметров обработки; 4 - устройство ЧПУ; 5 - накопитель спутников; 6 - устройство смены спутников; 7 — спутник; 8 — кассета с инструментом

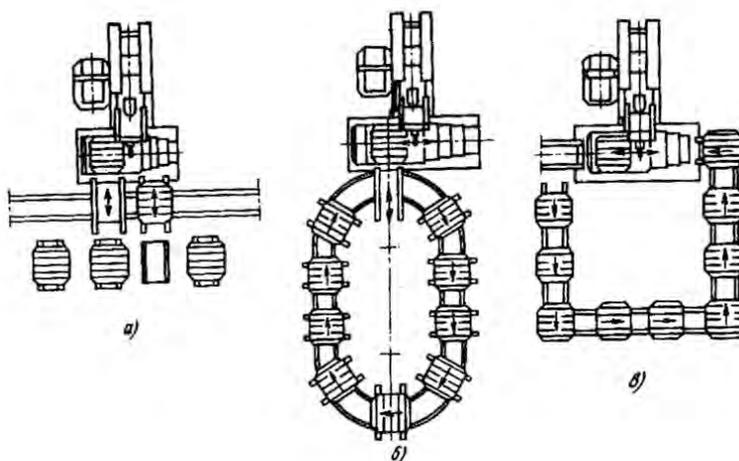


Рис. 13. Многоместные загрузочные устройства для спутников многоцелевых станков

Загрузочное устройство с подвижными позициями (рис. 13, в) обеспечивает передачу и прием спутников с двух различных позиций, расположенных вдоль оси.

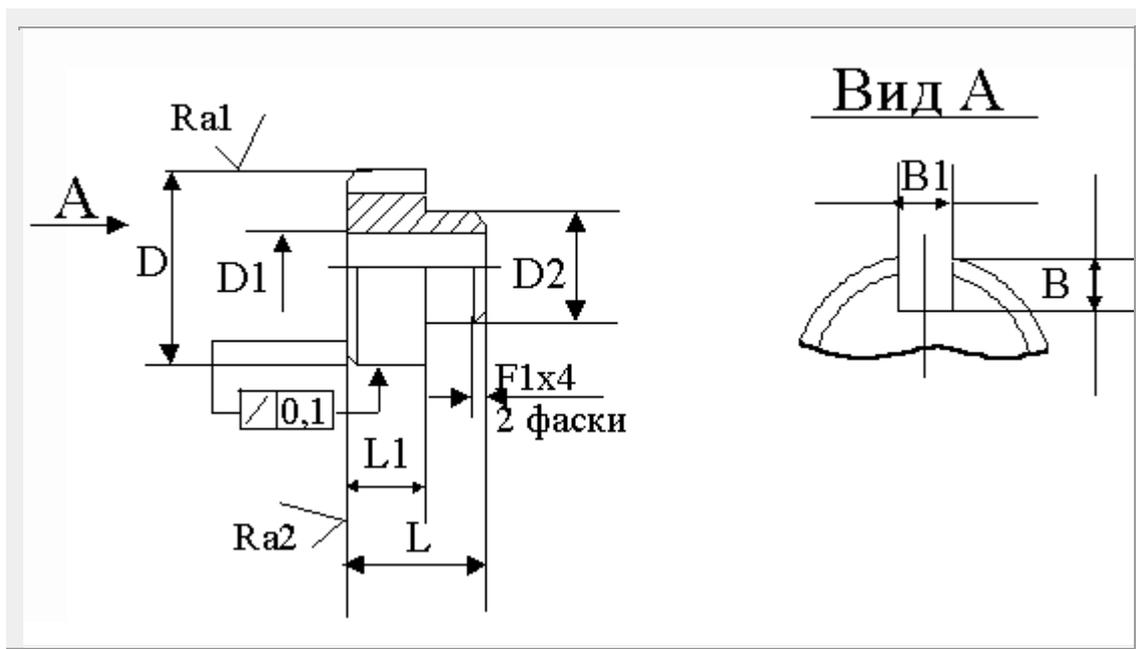
Установка на спутниках различных деталей предусматривает наличие системы автоматической идентификации (распознавания) спутников. С этой целью на спутники устанавливаются кодовые гребенки или другие кодовые элементы, по которым датчик на исходной позиции, определяет наличие соответствующего спутника с определенной заготовкой и дает команду на вызов требуемой управляющей программы и подготовку необходимого инструмента. В ГПС накопители для спутников связаны между собой гибкой транспортной системой. Автоматическая тележка-оператор, управляемая от ЭВМ, обеспечивает передачу требуемой детали со спутником на другой модуль, на склад, на моечную или на контрольно-измерительную машину (КИМ).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий курсовой работы

Таблица 1П										
Первая цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Годовая программа выпуска в тыс. штук	22	35	46	50	60	70	80	90	65	75

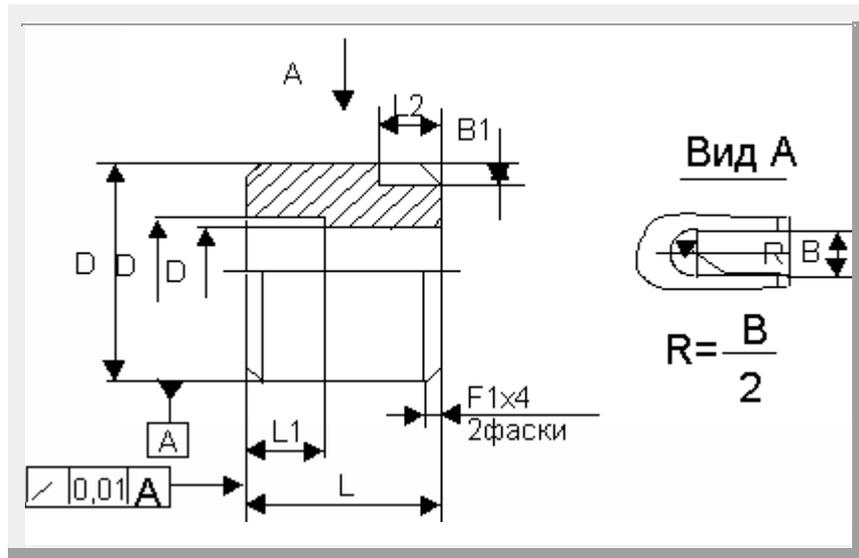
Вторая цифра шифра 1



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	мм	50	16	40	160	206	100	250	30	120	80
D1	мм	18	8	25	80	100	40	180	15	30	10
D2	мм	28	32	125	140	80	200	20	50	50	30
L	мм	35	15	200	32	125	100	50	80	200	150
L1	мм	20	6	125	12	60	30	15	60	120	20
B	мм	6	2	3	12	18	4	16	3	14	10
B1	мм	16	3	8	32	40	6	45	6	12	8
Ra1	мкм	0,8	1,6	6,3	4	1,6	10	2,5	2,5	4	0,8
Ra2	мкм	3,2	2,5	5	8	2,5	3,2	1,6	10	5	3,2
F1	мм	3	1	3	5	6	5	7	2	4	5

Рис. 1П. Варианты заданий

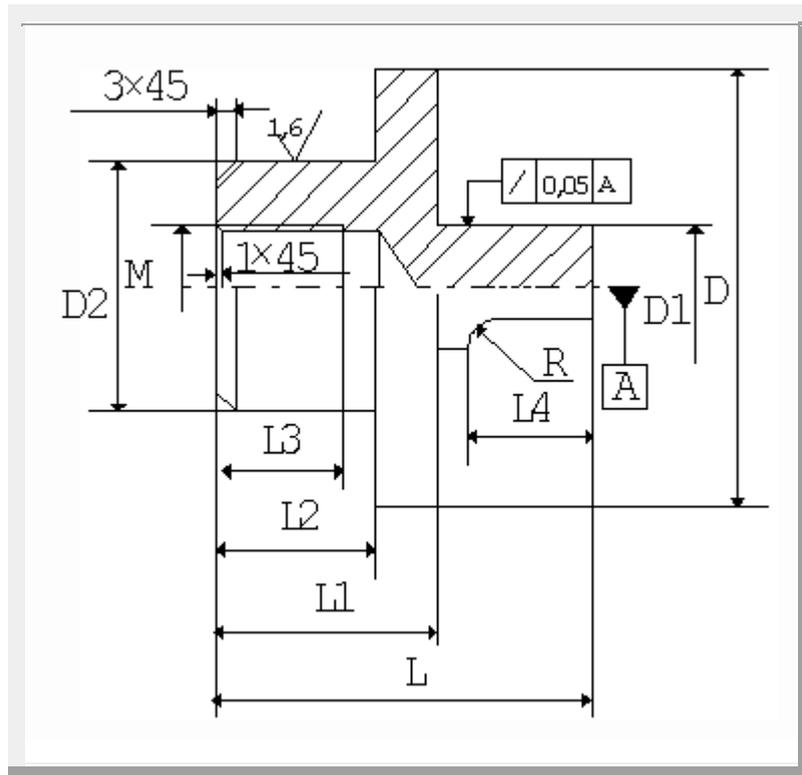
Вторая цифра шифра 2



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	50	200	32	12	125	40	25	160	80	16
L1	мм	20	40	10	5	30	12	10	8	20	6
L2	мм	16	80	16	6	40	12	8	100	20	8
D	мм	60	40	160	16	200	32	125	25	100	80
D1	мм	30	16	60	10	100	16	60	12	40	50
D2	мм	25	20	68	8	68	20	50	12	60	40
B	мм	16	12	50	5	60	8	30	8	20	15
B1	мкм	6	5	20	2	25	3	12	3	10	6
Ra1	мкм	0,8	5,0	10,0	2,5	8,0	1,25	0,8	6,3	12,5	4,0

Рис. 2П. Варианты заданий

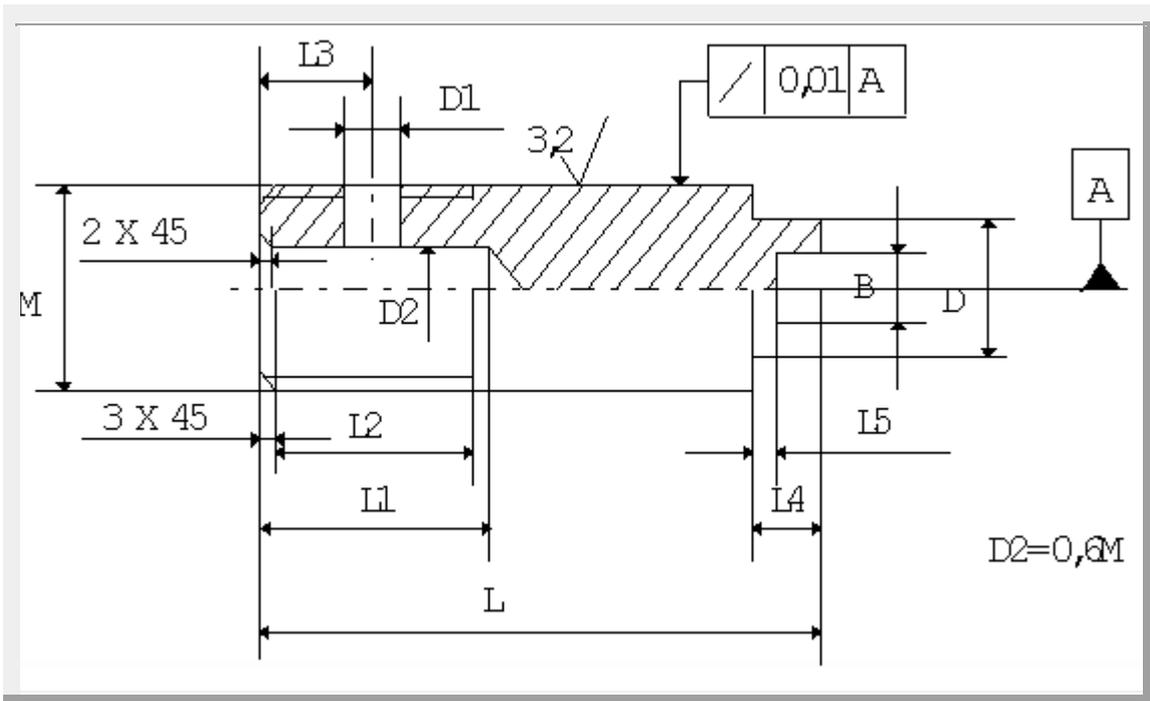
Вторая цифра шифра 3



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	60	200	32	15	125	40	25	160	80	16
L1	мм	35	160	20	10	50	30	20	126	50	12
L2	мм	25	125	16	8	32	25	16	50	40	10
L3	мм	20	30	12	6	25	20	15	80	32	10
L4	мм	20	32	8	3	40	8	3	30	16	3
L5	мм	70	40	160	16	200	32	125	25	100	80
D	мм	20	32	63	8	160	28	80	16	80	40
D1	мм	40	30	100	15	125	30	100	20	60	60
M	мм	M20	M12	M36	M4	M56	M12	M24	M6	M16	M22
B	мм	10	16	12	5	20	5	3	6	12	3

Рис.3П. Варианты заданий

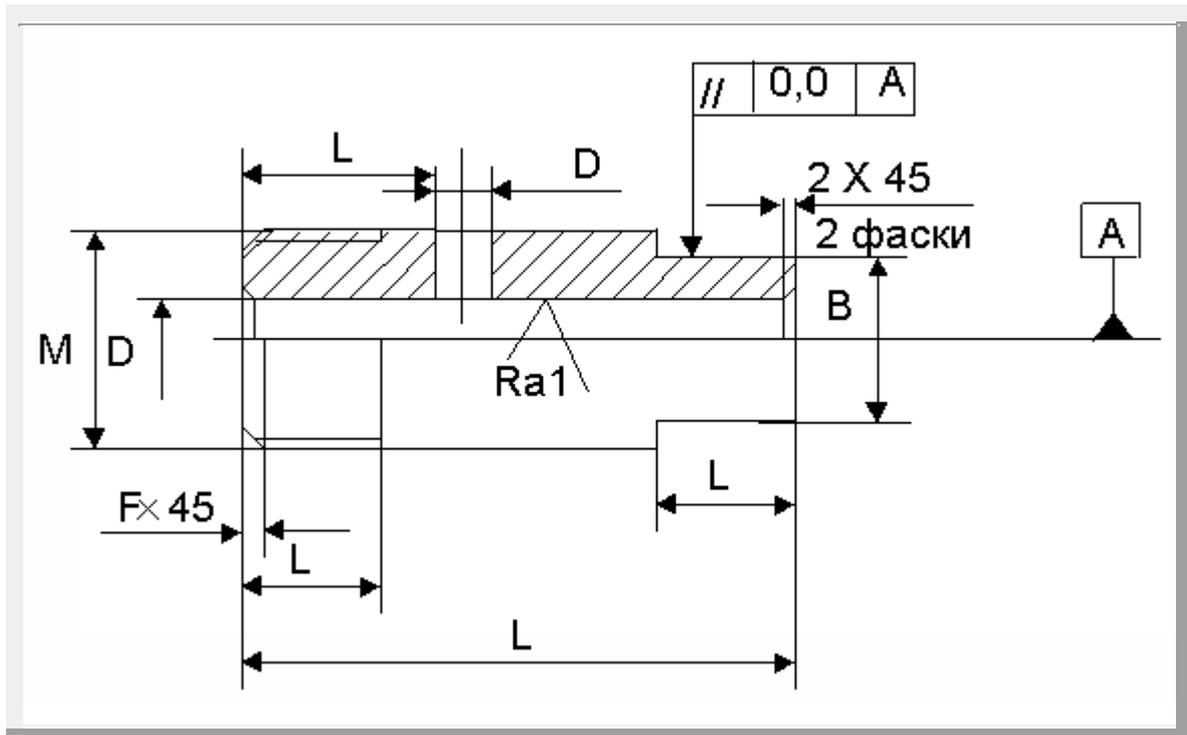
Вторая цифра шифра 4



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	100	125	15	32	200	16	30	160	25	40
L1	мм	44	60	8	16	80	6	32	20	12	15
L2	мм	40	50	6	12	100	5	40	32	10	12
L3	мм	30	40	5	10	50	4	32	30	6	8
L4	мм	12	40	3	10	60	5	20	8	6	15
L5	мм	8	30	3	3	20	3	13	6	6	5
D	мм	20	160	10	32	25	60	30	20	32	25
D1	мм	5	20	3	3	10	10	5	3	8	5
M	мм	M30	M140	M12	M56	M20	M64	M30	M12	M36	M24
B	мм	10	40	4	16	10	30	8	5	12	14

Рис.4П. Варианты заданий

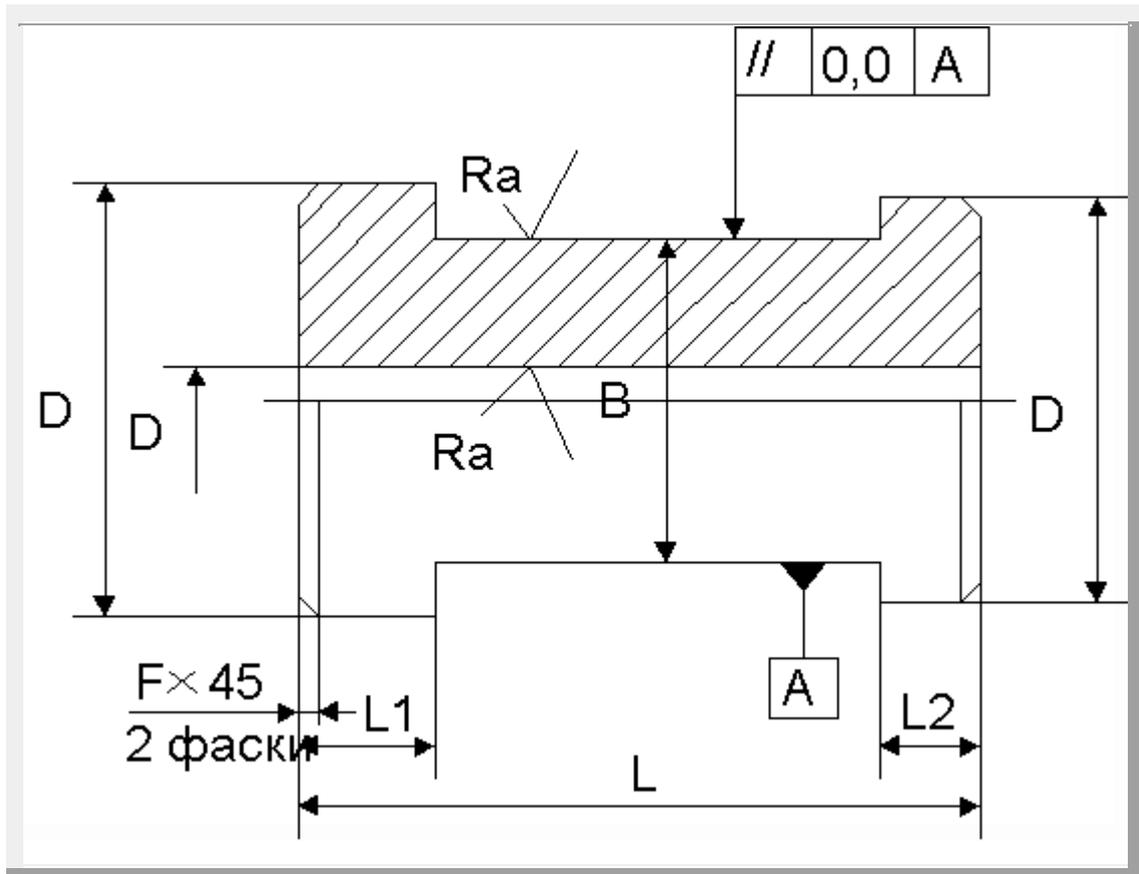
Вторая цифра шифра 5



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	100	90	180	200	100	90	160	80	100	200
L1	мм	25	8	40	100	20	10	20	8	50	160
L2	мм	25	40	40	50	20	60	60	40	24	18
L3	мм	40	60	90	72	50	70	80	56	34	30
D1	мм	15	32	40	20	12	50	40	32	20	12
D2	мм	10	6	12	8	10	6	10	12	6	5
M	мм	M40	M60	M90	M56	M36	M90	M60	M72	M48	M36
B	мм	30	50	80	40	24	72	48	48	40	20
F	мм	4	5	5	5	3	4	5	5	3	3
Ra1	мм	0,4	1,6	1,6	0,8	0,8	5	1,6	5	1,6	0,8

Рис.5П. Варианты заданий

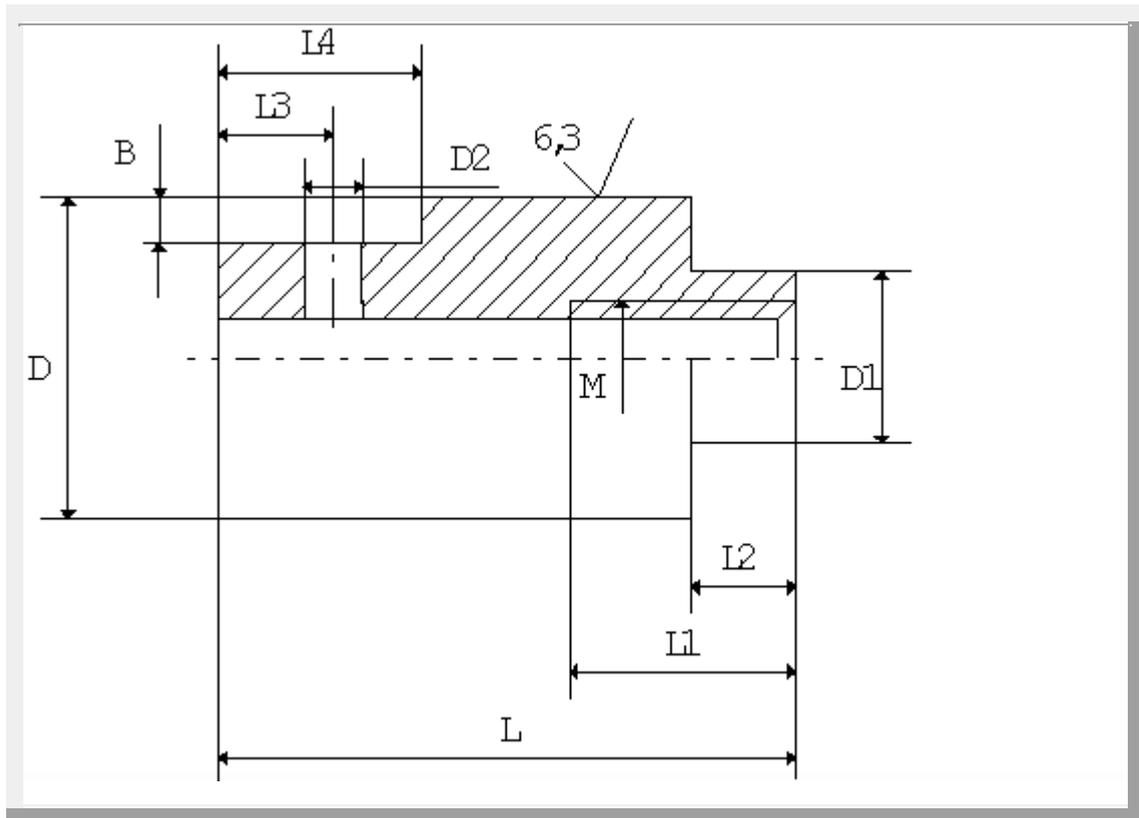
Вторая цифра шифра 6



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	50	60	50	100	150	100	40	100	120	150
L1	мм	15	30	15	20	30	30	15	60	40	30
L2	мм	10	20	30	15	20	20	10	15	40	30
D1	мм	32	72	100	64	80	70	32	80	60	80
D2	мм	5	20	20	10	20	10	5	20	8	12
D3	мм	30	60	72	60	80	60	30	72	70	60
B	мм	24	48	70	48	72	38	24	40	30	34
F	мм	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4
Ra1	мм	6,3	12,5	6,3	12,5	6,3	6,3	12,5	6,3	12,5	3,2
Ra2	мм	1,6	1,6	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8

Рис.6П. Варианты заданий

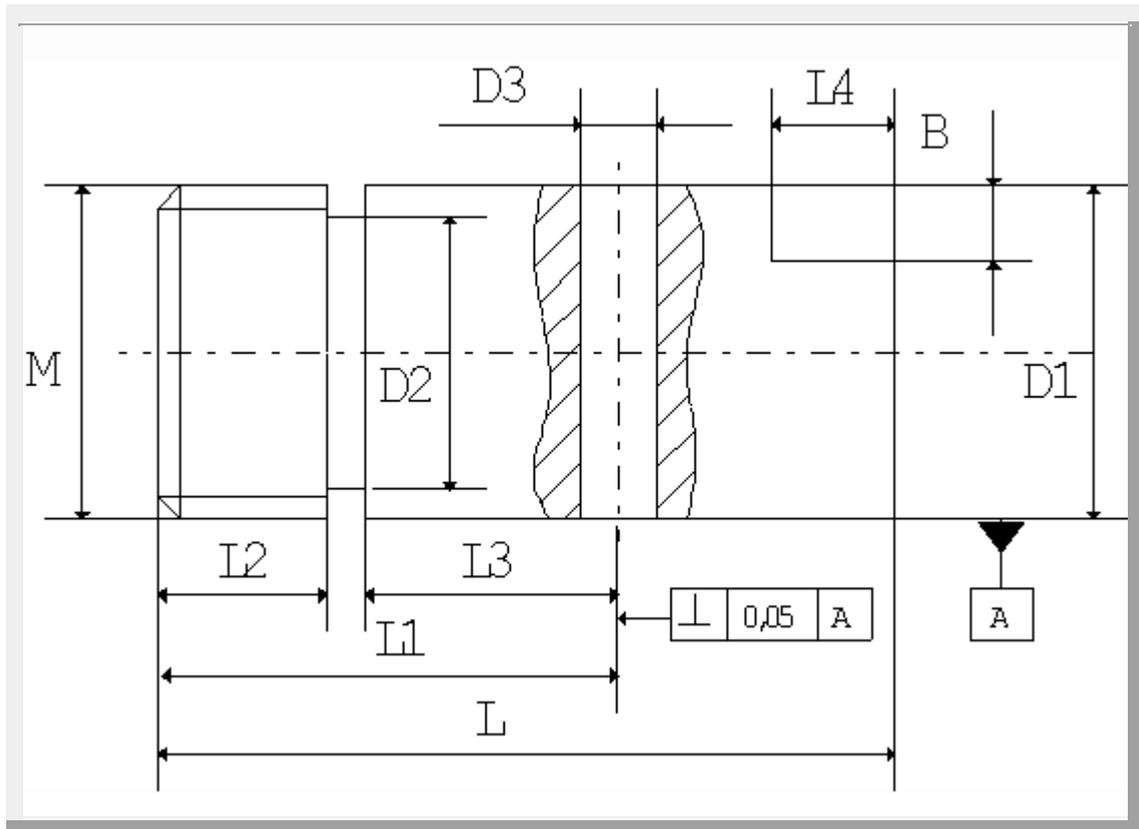
Вторая цифра шифра 7



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	110	90	100	130	140	60	200	90	120	150
L1	мм	34	60	40	50	60	30	40	20	50	30
L2	мм	24	30	17	25	34	18	20	12	30	14
L3	мм	14	20	34	30	20	14	60	18	40	70
L4	мм	40	35	50	54	44	24	80	40	55	80
D	мм	50	80	100	180	150	100	100	50	80	70
D1	мм	40	60	80	140	70	110	50	30	50	40
D2	мм	6	10	12	8	14	10	14	8	4	5
B	мм	4	6	8	6	12	5	10	8	4	6
M	мм	M20	M36	M42	M20	M64	M20	M36	M16	M12	M36

Рис.7П. Варианты заданий

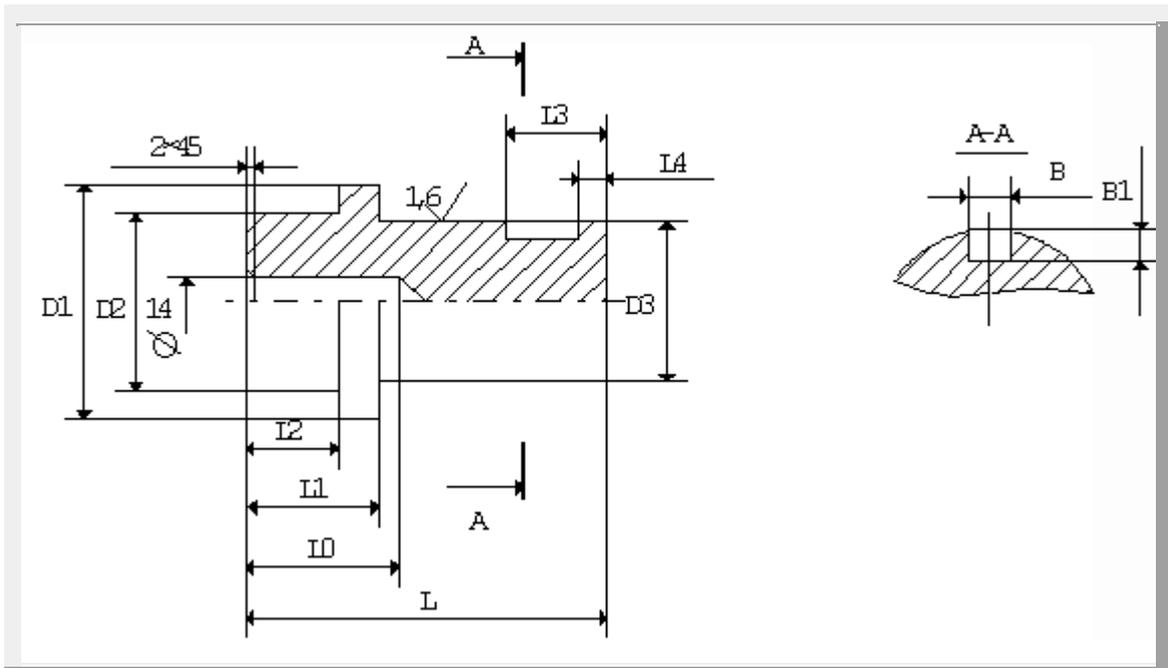
Вторая цифра шифра 8



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	90	120	200	180	120	180	100	160	120	80
L1	мм	60	80	110	120	100	110	82	100	100	55
L2	мм	40	50	80	100	70	40	60	70	70	30
L3	мм	4	10	8	5	12	7	9	12	5	14
L4	мм	16	25	40	30	5	50	6	27	4	10
B	мм	7	12	14	16	20	25	10	8	6	9
M	мм	M14	M30	M72	M80	M64	M36	M90	M30	M24	M56
D1	мм	30	42	30	60	40	100	30	70	14	160
D2	мм	10	26	60	50	35	34	70	24	20	50
D3	мм	8	5	4	7	6	8	5	4	7	10

Рис.8П. Варианты заданий

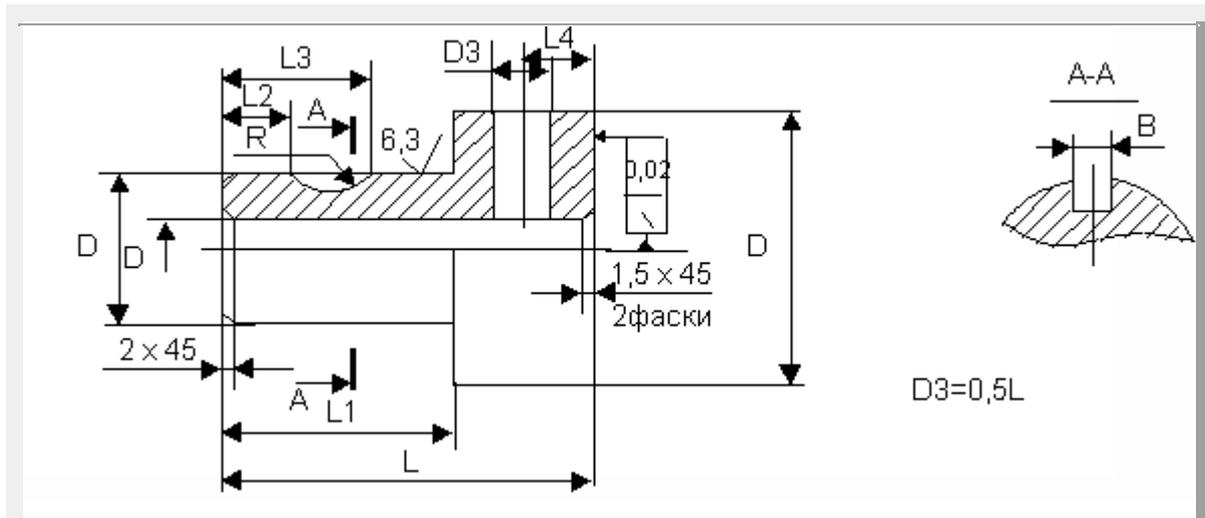
Вторая цифра шифра 9



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	70	64	90	120	98	140	80	200	160	100
L1	мм	25	30	36	42	48	56	48	42	80	42
L2	мм	14	15	12	9	24	36	20	10	60	20
L3	мм	20	25	32	40	28	25	26	28	40	24
L4	мм	5	10	12	10	8	5	6	8	10	12
D1	мм	60	100	90	110	72	140	180	90	64	160
D2	мм	40	56	48	42	64	60	72	64	48	56
D3	мм	25	64	42	90	56	64	64	72	56	48
B1	мм	6	8	10	6	10	6	12	10	8	6
B2	мм	3	4	5	3	5	3	6	5	4	3

Рис.9П. Варианты заданий

Вторая цифра шифра 0



Обозначение	Размерность	Третья цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	мм	120	125	20	32	200	46	80	160	250	40
L1	мм	80	60	10	18	140	20	60	100	130	20
L2	мм	12	10	2	3	16	2	20	50	60	8
L3	мм	26	30	8	15	46	18	42	74	86	18
L4	мм	20	30	3	9	30	11	15	20	18	8
D	мм	30	200	16	160	40	80	100	25	125	32
D1	мм	14	100	10	80	25	40	60	15	68	20
D2	мм	60	180	30	180	32	100	140	40	200	50
R	мм	70	60	20	22	46	38	48	32	58	50
B	мм	5	12	6	3	5	6	8	4	7	5

Рис.10П. Варианты заданий

Годовой фонд времени (ч) работы металлорежущего оборудования

Таблица 2П

Наименование оборудования	Работа	
	двухсменная	трехсменная
Металлорежущие станки с ПУ и многооперационные станки массой, т: до 10	3980	5775
10-100	3810	5650
Агрегатные станки	4015	5990
Автоматические линии	3725	5465
Гибкие производственные модули, роботизированные технологические комплексы массой, т: до 10		5970/7970*
10-100		5710/7620*

* Работа в выходные и праздничные дни.

Баланс затрат планового фонда времени

Таблица 3П

Показатели	Элементы затрат	В % к плановому фонду времени
Станки с программным управлением		
Простои по инструменту	Замена по затуплению	0,2
	Аварийная замена	0,5
	Регулировка	0,8
Простои по оборудованию	Механизмы главного движения с приводом	0,4
	Стол с приводом и системой обратной связи	0,5
Простои по оборудованию	Инструментальный барабан	0,6
	Механизм замены инструмента	1,2
	Система управления	1,5
	Обслуживающие системы	0,6
Простои по организационным причинам	Отсутствие заготовок	7,0
	Отсутствие управляющих программ	5,5
	Несвоевременный приход и уход рабочих	4,3
	Отсутствие инструмента, электроэнергии	-
	Подготовка к работе и уборке	2,0
Брак	Погрешности управляющих программ	0,5
	Брак предыдущих операций	-
	Брак данной обработки	0,6
	Всего	1,1
Переналадка	Замена программоносителей	0,3
	Замена инструмента в магазине	0,4
	Замена и регулировка механизмов и устройств	1,8
	Установка, выверка, пробные проходы	6,3
Автоматические линии		
Простои по инструменту	Аварийная и текущая замена	6,8
	Регулировка	1,3
	Ожидание наладчика и хождение за инструментом	3,8
Простои по оборудованию	Силовые головки	1,7
	Шаговый транспортер	0,9
	Механизм зажима и фиксации изделий	0,6
	Прочие	2,8
Простои по организационным причинам	Из-за предыдущих участков	6,6
	Из-за последующих участков	5,2
	Подготовка к работе и уборке	4,2
	Контроль изделий	0,2
	Отсутствие рабочих и заготовок	8,7

Рекомендуемые станки с ЧПУ для автоматической обработки деталей

Таблица 4П

Максимальные параметры заготовки для валов			Высота оси центров станка, мм		Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	Над станиной	Над суппортом	
20	250	2	250	125	1И611ПМФ3, 1П717Ф3
50	500	10	320	200	16Б16Т1, 1713Ф3, 16Б16Ф3
80	1000	40	400	250	16К20Т1, 1720ПФ3, 16К20Ф3
160	1400	160	630	400	16К30Ф3, 1740РФ31Б732Ф3

Максимальные параметры заготовки для дисков			Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	
160	100	10	1П717Ф3, 1П420ПФ40, 11Б40ПФ4
250	200	40	16Б16Т1, 16К20Ф3, 1720ПФ30
320	250	80	16К20Т1, 16К20Ф3, 1740РФ3
400	320	160	1П752МФ3, 1П756ДФ3, 1П717Ф3

Максимальные параметры заготовки тел вращения			Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг	
200	160	40	ИРТ180ПМФ4
220	500	150	СТМ220К
320	450	300	СТМ320К
400	1500	1500	174РФ4
450	630	800	СТМ450
560	1000	1900	1757Ф4

Максимальные параметры заготовки для корпусных деталей				Модель станка
Диаметр, мм	Длина, мм	Высота, мм	Масса, кг	
300	300	300	20	ИР320ПМФ4, 2204ВМФ4, 6904ВМФ2
500	500	500	500	ИР500МФ4, 6902ВСФ2, 6306ПМФ4
800	800	800	3000	ИР800МФ4, 6306ПМФ4

Максимальные параметры заготовки для корпусных деталей				Станок	
Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Модель	Тип
200	200	320	60	ИР200ПФ4	Многоцелевой горизонтальный
320	250	320	100	6902ПМФ2	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ
320	320	400	150	ИР320ПМФ4	Многоцелевой горизонтальный
400	500	500	300	2204ВМФ4	Многоцелевой горизонтальный
400	630	500	300	225ВМФ4	Многоцелевой вертикальный
400	900	450	400	400V	Многоцелевой вертикальный
400	1600	250	400	ГФ217С6	Многоцелевой вертикальный
500	400	500	300	6904ВМФ4	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ
500	500	500	700	ИР500ПМФ4	Многоцелевой горизонтальный
500	500	800	800	ИС500ПМФ4	Многоцелевой горизонтальный
500	630	500	400	ГДВ500	Многоцелевой вертикальный
500	1000	750	700	2С150ПМФ4	Многоцелевой вертикальный
630	630	630	600	Суперцентр 630	Многоцелевой горизонтальный
600	1250	600	800	600V	Многоцелевой вертикальный
630	800	800	800	220ВМФ4	Многоцелевой горизонтальный
800	630	630	500	6906ВМФ2	Горизонтально-фрезерный с ЧПУ
800	800	800	1500	ИР800ПМФ4	Многоцелевой горизонтальный
800	800	800	2000	ИС800ПМФ4	Многоцелевой горизонтальный

Промышленные роботы

Таблица 5П

Модель ПР	Грузоподъемность, кг	Параметры						Обслуживаемое технологическое оборудование
		Вертикальный ход, мм	Горизонтальный ход, мм	Поворот, град	Скорость линейная, м/с	Скорость угловая, град/с	Погрешность позиционирования, ± мм	
МП-9С	0,2	30	180	120	0,5	180	0,05	ТПК-125, 1И611ПФ3, 1П717Ф3
РФ-202М	0,2/0,2	30	200	120	0,8	180	0,1	ТПК-125, 1И611ПФ3, 1П717Ф3
РФ-204М РФ-205М	0,5/0,5	30	200	120	0,7	180	0,5	ТПК-125, 1И611ПФ3, 16616Ф3
РФ-1001С	1	400	500	250	0,5	60	0,5	6Н13Ф3, 1П717Ф3, 1И611ПФ3
Циклон -5.01	5/5	100	850	270	1,5	180	0,1	ЛФ-220ПФ3, ЛФ-320ПФ3, 6520МФ3, МР71, 3М151Ф2
М-31 (М-21)	5/5	600	1000	90	0,7	120	0,5	ТПК-125, 1И611ПФ3, 16Б05ВФ3, 16Б16Ф3

Модель ПР	Грузоподъемность, кг	Параметры						Обслуживаемое технологическое оборудование
		Вертикальный ход, мм	Горизонтальный ход, мм	Поворот, град	Скорость линей- ная, м/с	Скорость угло- вая, град/с	Погрешность по- зиционирования, ± мм	
ПР-4	5	150	600	240	0,7	100	0,5	1А616Ф3, 1713Ф3, 6Н82
Универсал-5	5	800	700	240	0,8	120	1	МР-76.ВТ-51, 1Е61МФ2, 1А616С
Бриг-10Б	10	100	600	270	0,7	120	0,5	КТ-141, КТ-142, 1А240П-6, 1П752МФ3
МП-5	15	250	600	180	0,8	90	0,5	Е734П, 1713
МП-8	15	250	800	270	0,5	120	1	16Б16Ф3, 16К20ПФ3, 16К20Т1, 1П752МФ3
М20П	20	500	500	300	0,5	60	1	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6902ПМФ3
7607	25	300	700	340	0,7	180	1	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6902ПМФ3
ПР-25	25	1000	1750	320	0,8	180	1	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6902ПМФ3
РПМ-25.02	25	1000	1750	320	0,8	180	1	16К20ПФ3, 16К20Т1, 6904ВМФ3, 1П752МФ3
СМ40Ц4301	40	760	760	270	0,5	90	1,5	16420Ф3, МР-71М, 1П735ПФ3, 2Р135Ф2, 6Р13Ф3, 6902ПМФ3
СМ40Ф280.01	40	-	1000	180	0,8	90	1	16А16Ц, 1П756ДФ3, 1Н713, МР- 76М, 3М152ВФ2, 3М132
РВ-50	50	300	50	70	0,2	30	0,1	1713МФ3, 1А713МФ3, 1Б732МФ3
Универсал-50м	50	-	900	340	0,9	36	3	1713, 1713МФ3, Р-71
РР-1	80	1000	3230	180	0,8	180	1	1П752МФ3, 1П756ДФ3, 16К30Ф3, 1Б732МФ3
СМ80Ц.25.01. А	80 (40*2)	1000	3600	180	0,8	90	0,2	1П752МФ3, 1П426ДФ3, 2А912, 2А932, 3М152, 3М161Е
УМ160Ф2.8101	160	2300	1000	90	0,5	120	0,5	МР-179, 16732Ф3, 6904ВМФ4, 16К20Ф3
СМ1602.0501	320 (160*2)	1800	8900	60	0,5	120	0,5	16К30Ф3, 16Б16Т1, 1740РФ3, 2943РФ4, 2А913, 3М173, 3Т172

Список литературы

1. Фельдштейн Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении [Электронный ресурс]. Минск: Новое знание, 2011. 265 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2902/#1>
2. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. [Электронный ресурс]: учебник / Скрябин В.А., Схиртладзе А.Г., Зверовщиков А.Е. – Электрон. дан. - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 320 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=752393>
3. Фурсенко С.Н., Якубовская Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация технологических процессов. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. - Минск: Новое знание, 2014. - 376 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/64774/#1>
4. Акулович Л.М., Шелег В.К. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. - М.: Новое знание, 2012. - 488 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/2914/#1>
5. Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений /В.Ю. Шишмарев. - М: Издательский центр Академия, 2007. - 368

Оглавление

Введение	2
1. Анализ исходных данных.	4
2. Технологичность конструкции изделий	5
3. Формы организации производства	7
4. Оборудование разных типов автоматизированного производства	8
5. Рекомендации по разработке технологического процесса изготовления деталей в условиях автоматизированного производства	10
6. Типовые схемы компоновки роботизированных технологических модулей и ГПС	12
7. Заготовки разных типов производства	18
8. Технологии изготовления деталей автоматизированного производства	20
9. Структуры автоматизированного производств	24
10. Техническое обоснования выбора РТК	25
11. Выбор технологического оборудования для РТК	28
12. Компоновка комплекса	30
13. Виды РТК и их компоновки	31
14. Компоновка РТК	38
15. Работа РТК.	39
16. Алгоритм работы РТК	40
17. Расчет временных связей РТК	44
18. Циклограмма работы РТК	45
19. Гибкие производственные модули	46
Приложение	53
Список литературы	67