МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
(ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»)

Факультет информационных технологий и систем
Кафедра компьютерных систем управления

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторной работы №3

«Разработка циклограммы работы ГПС»

по дисциплине «Средства автоматизации технологических процессов”

Составитель: к.т.н., доцент кафедры
компьютерных систем управления
Л.И. Мартинова

Москва 2018 г.

Цель работы

Цель – ознакомление студентов с правилами построения и анализа циклограмм работы автоматизированных производственных систем.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

Последовательность выполнения работы

1. Изучить теоретический материал.
2. Получить у преподавателя задание (эскиз детали, подлежащей обработке и характеристики технологического процесса).
3. Составить план обработки заготовки.
4. Выбрать основное и вспомогательное оборудование (использовать указанные в данном руководстве Приложения и каталоги) и разработать компоновку ГПС по изготовлению заданной детали. (Сделать графическое представление компоновки (бланк формата А4) с указанием оборудования.
5. Сделать текстовое описание планируемой последовательности срабатывания всех необходимых исполнительных механизмов ГПС.
6. Разработать табличную циклограмму работы ГПС. Циклограмма разрабатывается в формате *Excel* или *Visio*.
7. Составить отчет по выполненной работе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Структура технических средств ГПС [1] дает представление о составе станочного и вспомогательного оборудования и связи всех рабочих позиций потока деталей единой транспортной системой. Рабочей позицией называется каждое рабочее место с соответствующим оборудованием, на котором деталь подготовляется, обрабатывается, очищается, измеряется, складируется и т.п. В общем случае структура автоматизированного производства включает в себя три группы оборудования: технологическое (станки, позиции контроля, роботы), транспортно-накопительное (автоматический склад заготовок и готовой продукции, ориентирующие устройства, транспортные роботы и другие транспортирующие устройства) и управления.

Основные факторы, влияющие на состав элементов компоновки, т. е. на структуру технических средств:

• форма специализации участка, цеха;

• тип оборудования;

• особенности транспортно-накопительной и складской системы (наличие межоперационных заделов, работа по принципу склад-рабочее место, автоматизация межоперационной передачи изделий);

• особенности системы инструментного обеспечения (жесткое оснащение станка, комплектование магазина на складе);

• особенности системы контроля (виды контроля, применяемые средства);

• особенности системы уборки стружки (механизированно-ручная, автоматизированная);

• тип и принципы системы управления (локальное управление компонентами системы, групповое управление оборудованием, комплексно автоматизированное управление).

Компоновка ГПС. Под компоновкой ГПС понимают взаимное расположение основного (технологического) и вспомогательного оборудования, транспортно-накопительной и других систем и служб производства. Компоновка должна обеспечивать: соответствие (для данного вида ГПС) оборудования и организации

производственного процесса; удобство обслуживания технологического и вспомогательного оборудования; минимальные маршруты транспортирования заготовок, режущего инструмента и оснастки; рациональное использование производственных площадей; возможность изменения компоновки в связи с новыми условиями производства, и т.д.

Широко применяется модульный принцип компоновки ГПС. Участок комплектуется из отдельных унифицированных производственных единиц модулей, в которые входят один или несколько однотипных станков и относящиеся к ним транспортно-загрузочные и накопительные устройства. Модульная компоновка обеспечивает производственную гибкость участка за счет возможной замены отдельных модулей, увеличения или уменьшения их количества.

Структура технических средств ГПС дает представление о составе станочного и вспомогательного оборудования и связи всех рабочих позиций потока деталей единой транспортной системой. Рабочей позицией называется каждое рабочее место с соответствующим оборудованием, на котором деталь подготовляется, обрабатывается, очищается, измеряется, складируется и т.п. В общем случае структура автоматизированного производства включает в себя три группы оборудования: технологическое (станки, позиции контроля, роботы), транспортно-накопительное (автоматический склад заготовок и готовой продукции, ориентирующие устройства, транспортные роботы и другие транспортирующие устройства) и управления.

Выбор основного технологического оборудования. Для определения состава оборудования, включаемого в автоматизированные переналаживаемые системы, выполняется показательная проработка ТП деталей, обрабатываемых в системе. В первую очередь разрабатывают ТП на деталь, имеющую наибольшее число обрабатываемых поверхностей. При этом намечают первоначальную специализацию оборудования и выявляют необходимые технологические характеристики для оборудования с ЧПУ. Технологические процессы для

остальных деталей группы строят в соответствии с принятым типовым маршрутом и с учетом намеченной специализации оборудования.

Исходя из разработанных ТП выявляют технологические характеристики станков, на основании которых производят подбор станков из имеющегося парка (в соответствии с каталогом станков с ЧПУ) или разрабатывают и используют специализированное оборудование. При подборе станков необходимо учитывать возможность их встройки в ГПС. Для этого у них должны быть однотипные автоматические устройства для загрузки и закрепления спутников, одинаковые устройства ЧПУ и достаточная вместимость магазинов инструментов.

Таким образом, в состав АПС включают станки с ЧПУ, параметры которых обеспечивают реализацию ТП обработки определенной группы деталей.

Для изготовления деталей типа валов чаще используются токарно-центровые и патронно-центровые станки; деталей типа дисков − токарные патронные станки, для деталей, не относящихся к типу тел вращения (корпусные, плоские и т.п.) - станки фрезерно-сверлильно-расточной группы. Между основными параметрами станков и предельными размерами обрабатываемых деталей имеются определенные зависимости. Исходя из этого, каждый тип деталей разбивают на 4 группы по массогабаритным признакам. В таблице 1 приведены рекомендуемые модели станков, наиболее пригодные для автоматических производств в зависимости от конструктивно-технологических характеристик деталей (D-диаметр, L-длина, B-ширина, H-высота деталей). При выборе основного оборудования можно пользоваться каталогами (см. список литературы [1] и [2] .

Таблица 1.

Конструктивно-технологические характеристики деталей типа и модели станков для их обработки в ГПС

Тела вращения" (валы с L>2D)				
Группа деталей	Предельные параметры деталей			Модели токарных центровых и патронно-центровых станков
	D,мм	L,мм	масса,кг	
1В	20	250	2	ТПК-125, 1И611ПМФ3
2В	50	500	10	16Б16Т1,16Б16Ф3,1713Ф3
3В	80	1000	40	16К20Т1,16К20Ф3,1720ПФ30
4В	160	1400	160	16К30Ф3,16732Ф3,1740РФ3
"тела вращения"(диски с L<=2D)				
Группа деталей	Предельные параметры деталей			Модели токарных центровых и патронно-центровых станков
	D,мм	L,мм	масса,кг	
1Д	160	100	10	КТ-141,ИРТ180ПМФ4,1П717Ф3, 11Б40ПФ4,1Б340Ф30,1П420ПФ40
2Д	250	200	40	16Б16Т1,16Б16Ф3,1720ПФ30, 1734Ф3,16К20Т1,16К20Ф3
3Д	320	250	80	1740РФ3,16К20Т1,16К20Ф3
4Д	400	320	160	1П752МФ3,1П756ДФ3
"не тела вращения" (корпусные)				
Группа деталей	Предельные параметры деталей коробчатых (L>=B>=H) и плоскостных (L>=B,H<=B/2)			Модели многооперационных станков (обрабатывающих центров)
	L*B,мм		масса,кг	
1К	300*300		200	ИР320ПМФ4,2204МФ4,2254ВМФ4, 6904ВМФ2
2К	500*500		500	ИР500МФ4,6902ВМФ2,6306ПМФ4
3К	800*800		3000	ИР800МФ4,2623ПМФ4

При выборе основного технологического оборудования нужно учитывать компоновочную и программную стыковку с транспортно-складскими системами, загрузочными и измерительными устройствами. Требуемое количество оборудования определяют на основании расчета.

Для определения числа технологического оборудования, встраиваемого в комплекс, и синхронизации его работы рассчитывают время выполнения каждого инструментального перехода и время обработки на каждом станке. Количество основного оборудования, включаемого в автоматический комплекс, по отдельным группам операций (токарная, фрезерная и т.д.) можно определить исходя из среднего такта выпуска деталей на комплексе [12]:

$T = Фо * К / Nг,$

где Фо – номинальный фонд времени работы оборудования,ч. (при одно-сменной работе оборудования Фо = 2070ч.; при двусменной работе Фо = = 4140ч.; при трехсменной работе Фо = 6210ч.); К =0,8 - 0,9 - коэффициент использования оборудования; Nг – годовая программа выпуска деталей.

Расчет числа позиций контроля. В производстве, как правило, первая деталеустановка, а затем каждая n-я проходит контроль. При этом если деталь обрабатывается на нескольких станках, то контроль проводится после обработки на каждом из них, что необходимо для своевременного принятия мер по недопущению брака. В автоматизированных комплексах, где не предусмотрен активный контроль, получаемые размеры деталей нужно проверять на специальной позиции контроля, оборудованной необходимым инструментом.

Число позиций контроля n позопределяется по формуле (округляется до целого в большую сторону):

$n\ поз = t_к\ kдет.к /(Фпоз*60)$,

где $t_к$ – суммарное время, необходимое для контроля одной деталеустановки, мин.; $Ф_{поз}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч. (при работе в две смены $Ф_{поз}$ =305 ч); $k_{дет.к} = k_{дет} /n$ – число деталеустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц; kдет – число деталеустановок, проходящих контроль за месяц; $n=n_1/(k_1*k_2)$ – число деталеустановок, через которые деталь контролируется; n_1 – число деталеустановок, через которые деталь выводится на контроль по требованию технолога; k_1, k_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие соответственно контроль первой деталеустановки, обработанной в начале смены, и вывод на контроль в связи с работой нового инструмента. Ориентировочно принимается k_1 =1.15, k2 =1.05.

Проектирование транспортно-накопительной системы

Компоновка ГПС во многом зависит от компоновки и построения автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС). Межоперационное хранение обрабатываемых деталей может осуществляться как

на складе - накопителе, так и непосредственно на рабочих местах в специальных накопителях.

В зависимости от программы выпуска и назначения ГПС применяются различные компоновки АТСС. При выборе компоновочной схемы ГПС в первую очередь необходимо увязать расположение ГПМ и АТСС. Наибольшее применение имеют следующие компоновки:

- с роликовым конвейером;
- с применением рельсовой тележки;
- с индуктивной тележкой, робокарой;
- с подвесным роботом;
- с транспортным устройством в составе склада.

Тактовый стол используется для хранения запаса заготовок и подачи их в зону захвата ПР. Заготовку можно устанавливать непосредственно на пластину стола, если форма и размеры заготовки позволяют это сделать, либо на специальные приспособления-спутники, которые крепят к пластинам. Готовую деталь можно ставить на тактовый стол или в специальную тару. Тактовый стол подбирают исходя из габаритов и массы заготовок. Характеристики тактовых столов представлены в Приложении 1.

Выбор промышленного робота

Промышленный робот (ПР) предназначен для выполнения в автоматизированном производственном процессе двигательных и управляющих функций, заменяющих аналогичные функции человека при перемещении предметов производства и (или) технологической оснастки. ПР классифицируют по следующим признакам: специализация, грузоподъёмности, числу степеней подвижности, возможности передвижения, способу установки на рабочем месте, видам системы координат, привода, управления, способу программирования.

По специализации ПР подразделяют на специальные, специализированные и универсальные. Универсальный ПР предназначен для выполнения различных видов технологических операций и вспомогательных переходов при

функционировании с различными моделями технологического оборудования. Специализированный ПР предназначен для операций одного вида и определённой группы оборудования: специальный - для определённых операций и конкретных моделей оборудования.

ПР состоит из следующих частей: исполнительного устройства, выполняющего все его двигательные функции (в общем случае это манипулятор и устройство передвижения), устройства управления и рабочего органа (сварочные клещи, захватное устройство и т.д.).

По номинальной грузоподъёмности ПР подразделяют на:

- сверхлёгкие - грузоподъёмность 1 кг,

- лёгкие - грузоподъёмность 1-10 кг,

- средние - грузоподъёмность 10-200 кг,

- тяжёлые - грузоподъёмность 200-1000 кг.

По способу установки на рабочем месте ПР подразделяют на напольные, подвесные и встроенные.

В целом механическая система манипулятора как объект управления характеризуется: типом и числом переносных и ориентирующих рабочий орган степеней подвижности (переносные могут быть поступательными и вращательными, ориентирующие — вращательные); типом и размером рабочей зоны, в рамках которой действует рабочий орган манипулятора.

Захватное устройство (захват) промышленного робота предназначено для захватывания предмета обработки и удержания его в процессе перемещения. Вид захвата определяется формой, размером, массой и свойствами захватываемого предмета обработки, а также специфическими требованиями технологического процесса.

В зависимости от принципа действия захваты делят на:

- механические - работают по принципу зажима с удержанием детали с помощью сил трения,

- запирающего действия рабочих элементов, а также по принципу использования выступающих частей рабочих элементов устройств в качестве опоры для детали), вакуумные (работают в результате сил, возникающих при разности давлений), магнитные (работают с помощью сил магнитного притяжения).

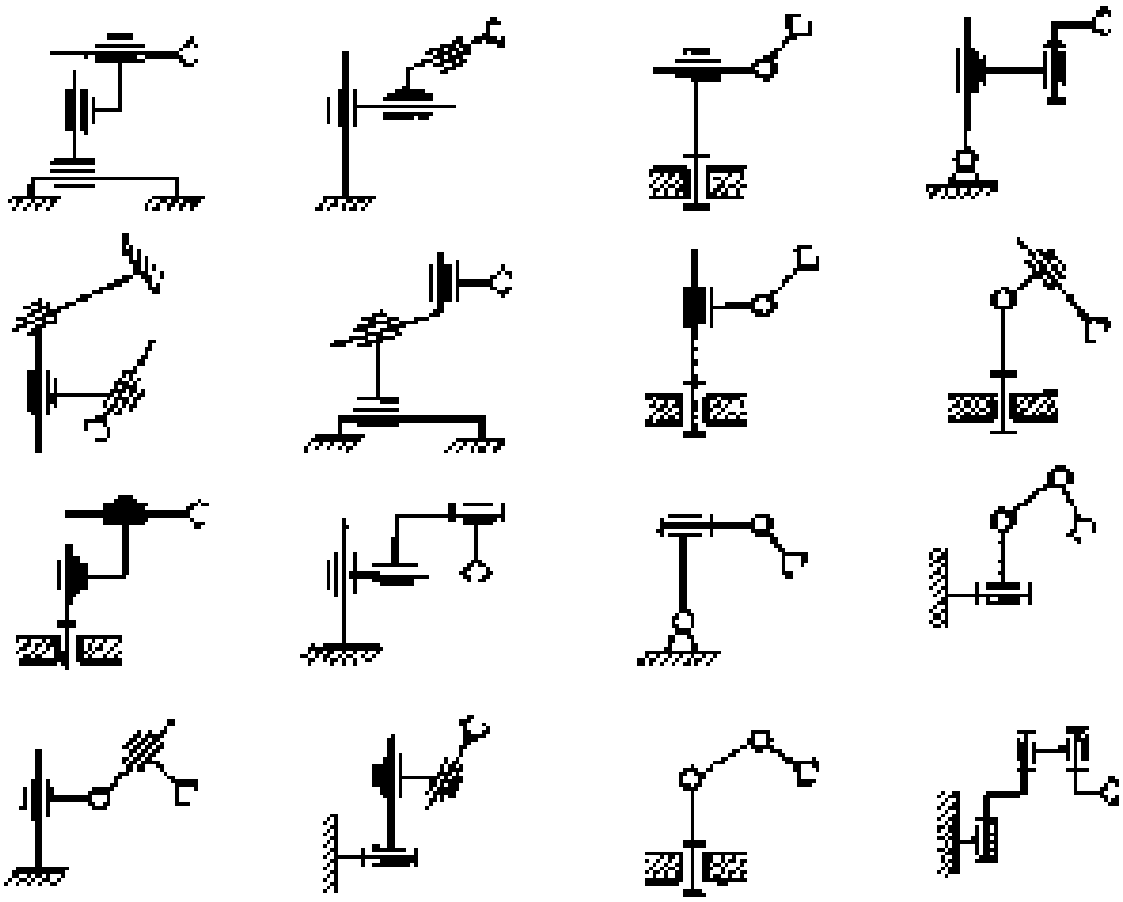


Рис. Общие кинематические схемы роботов

При выборе роботов пользоваться Приложением 2 и каталогом роботов [3].

Построение циклограммы работы ГПС

Для оптимизации во времени рабочего цикла ГПС составляется циклограмма, отражающая моменты начала и окончания рабочих и холостых ходов и их расположение во времени (в цикле). Цель состоит в максимальном совмещении времени холостых и рабочих ходов. Циклограмма может

координировать работу как отдельных узлов и механизмов станка, так и совокупности станков и вспомогательного оборудования, входящих в ГПС.

При разработке циклограмм работы автоматизированных систем обычно решаются следующие задачи:

• проектируется четкая последовательность действий и необходимых команд управления для всех исполнительных механизмов машины, на основании которой затем составляется управляющая программа (УП). Для РТК, например, по циклограмме его работы составляется УП для промышленного робота (ПР), который координирует работу остального оборудования;

• разработанная последовательность действий оптимизируются с целью сокращения общей длительности цикла и отсутствия простаивания основного технологического оборудования РТК.

Если при разработке циклограммы определяются времена выполнения отдельных действий (тактов цикла), то такие циклограммы используются для расчета длительности всего цикла и отдельных его фрагментов, расчета производительности РТК. Наибольшее распространение получили циклограммы в форме таблицы.

Перед построением циклограммы определяется состав оборудования АОЯ и уточняется перечень исполнительных механизмов по каждому оборудованию. Также определяются возможные состояния каждого исполнительного механизма. В данной работе следует учитывать только то оборудование и исполнительные механизмы, которые совершают механические действия (пульты управления, электрошкафы, гидростанции и пр. не учитывать). Для станка следует выбирать те исполнительные механизмы, которые непосредственно участвуют в процессе загрузкиразгрузки детали. Собственно процесс обработки детали по управляющей программе в данной работе можно считать проходящим между включением и выключением шпинделя и подробно в циклограмме не рассматриваем.

Тогда циклограмма будет включать в себя следующие столбцы:

• оборудование;

• исполнительные механизмы, выполняющие отдельные элементы цикла;

• возможные состояния исполнительных механизмов в цикле;

• необходимое число тактов цикла.

Число строк определяется числом состояний всех исполнительных механизмов.

Первоначально выбирается какое-либо состояние всех исполнительных механизмов в качестве исходного. Для выбора **исходного состояния** можно выбрать любой момент цикла загрузки-разгрузки (например, момент начала загрузки детали). Циклограмму необходимо составить так, чтобы в конце цикла все исполнительные механизмы вернулись в исходное состояние.

Далее следует в **текстовом виде** описать планируемую последовательность срабатывания всех необходимых исполнительных механизмов. При этом необходимо стремиться к максимальному сокращению времени цикла за счет объединения движений в одном такте (одновременное выполнение движений). Однако такое объединение следует осуществлять технически грамотно. Так, нельзя объединять в один такт зажим приспособления станка и разжим схвата ПР (схват может начать срабатывать раньше приспособления и деталь потеряет ориентацию).

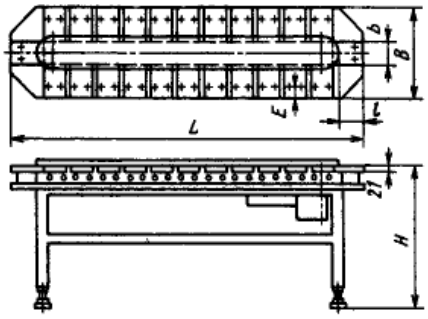
Затем начинается собственно **заполнение табличной циклограммы**. Как правило, большинство исполнительных механизмов имеет два состояния (открыто - закрыто, выдвинуто - задвинуто, включено - выключено). В этом случае должны выполняться правила последовательности переключения состояний и четности (количество нахождения исполнительного механизма в одном состоянии должно равняться количеству нахождения его во втором состоянии, т.е. сумма должна делиться на два, иначе исполнительный механизм за цикл не вернется в исходное состояние).

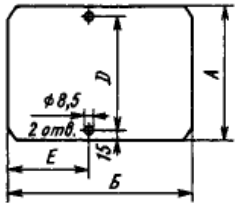
Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на состав элементов компоновки ГПС?
2. Что понимается под компоновкой ГПС?
3. Какие задачи нужно рассматривать при выполнении компоновки ГПС?
4. В чем состоит модульный принцип компоновки ГПС?
5. Какие качества производства обеспечивает модульный принцип компоновки ГПС?
6. Какие группы оборудования включает в себя структура ГПС?
7. Для чего выполняется показательная проработка техпроцессов деталей, обрабатываемых в ГПС?
8. Какого типа станки использубтся для изготовления деталей типа валов?
9. Какого типа станки использубтся для изготовления деталей типа дисков?
10. Какого типа станки использубтся для изготовления деталей, не относящихся к типу тел вращения (корпусные, плоские и т.п.)?
11. Как осуществляется межоперационное хранение обрабатываемых деталей?
12. По каким признакам классифицируются прмышленные роботы?
13. Какие задачи решаются при разработке циклограмм работы автоматизированных систем?
14. Какие столбцы содержит циклограмма работы ГПС?
15. За счет чего можно сократить время цикла?

Приложение 1. Характеристики такторых столов

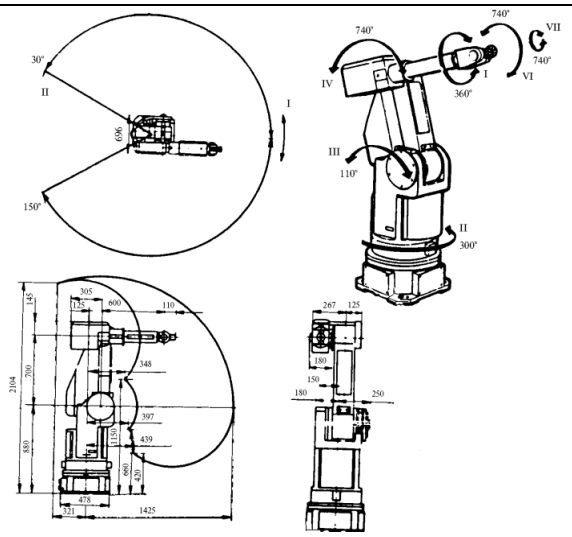
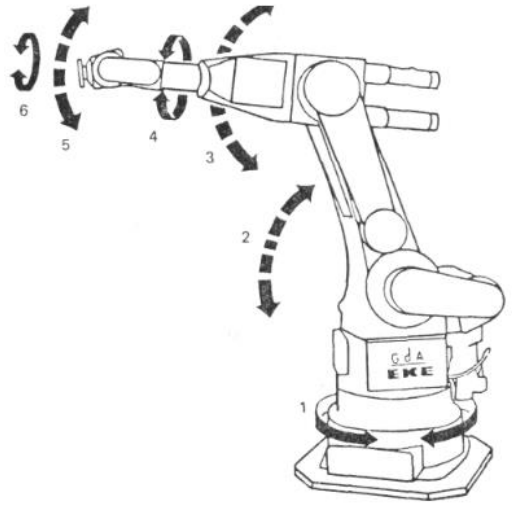
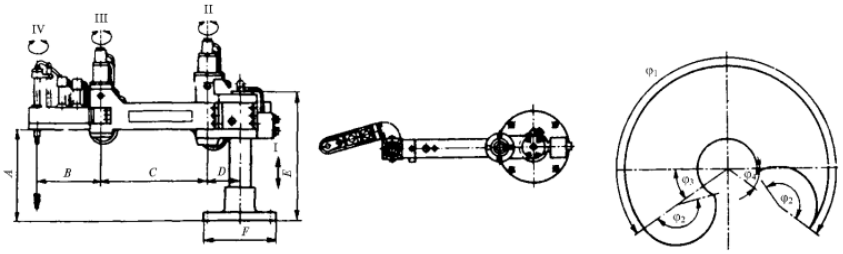
Характеристика тактовых столов и размеры пластин к ним

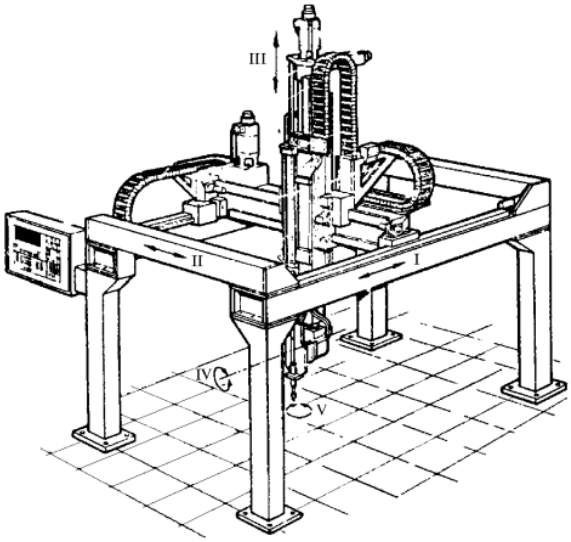
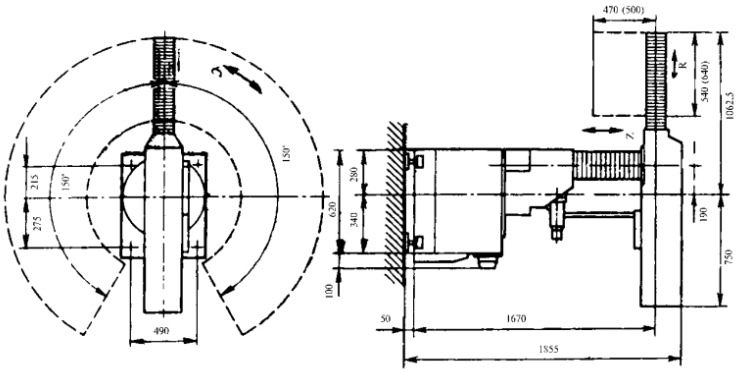
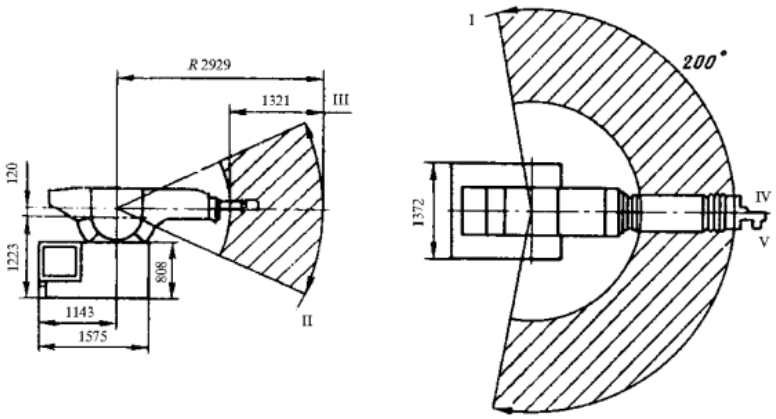


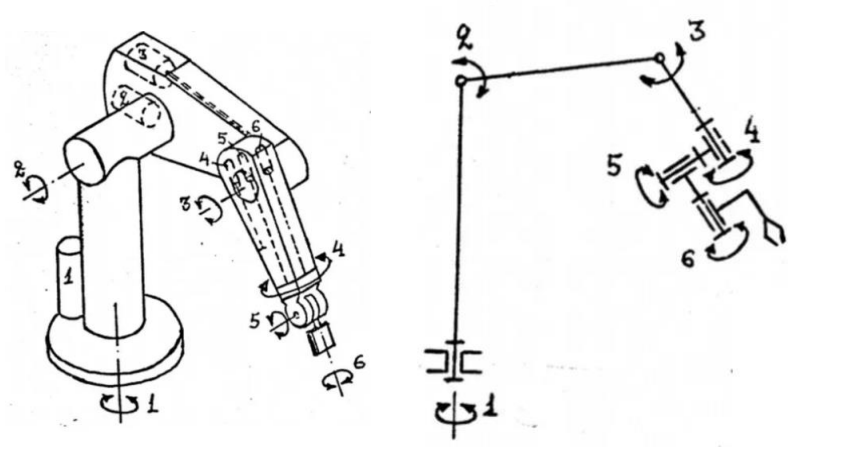


Модель стола	Габаритные размеры стола, мм			Грузоподъемность одной пластины, кг	Число пластин	Размеры пластин мм			
	L	*B*	*H*			*А* × *Б*	*l* × *b*	*E*	*D*
СТ 150 СТ 150.01	2250	650	700 – 850 300 – 365	10	24	150 × 225	150 × 150	100	120 ± 0,2
СТ 220 СТ 220.01	3260	700	700 – 850 300 – 365	10	24	220 × 252	220 × 220	110	190 ± 0,2
СТ 350	3350	950	700 – 850	20	12	350 × 382	350 × 350	175	320 ± 0,2

Приложение 2. Структурно-кинематические схемы промышленных роботов

1.	Model 6000		ловая система ординат
2.	Hds 05/06		
3.	SR-1053H		

4.	GPR		ямоугольная стема координат
5.	ber C 5000		линдрическая стема оординат
6.	Unimate 00		Сферическая

7.	PUMA		

Список литературы

1. Гибкие производственные комплексы / Под ред. П.Н. Белянина, В.А. Лещенко. − М.: Машиностроение, 1984. −384 с.
2. Давыдова М.В., Михалев А.М., Моисеев Ю.И. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: Станки токарной группы: Справочное пособие. – Курган: Изд-во КГУ, 2010. – 84 с.
3. Давыдова М.В., Михалев А.М., Моисеев Ю.И. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: фрезерные станки, обрабатывающие центра сверлильно-фрезерно-расточной группы: Справочное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 128 с.
4. Каталог роботов: https://www.ds-robotics.ru/sections/robotyi.html