



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Информационное обеспечение автоматизированных
технологических комплексов»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплинам

**«Средства механизации и
автоматизации технологических
процессов в машиностроении»,
«Транспортно-накопительные
системы»**

Автор
Шишкарёв М.П.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Приведены сведения о составе и принципах построения систем инструментального обеспечения гибкого автоматизированного производства. Изложены вопросы организации и работы систем инструментального обеспечения, приведена методика расчета их основных эксплуатационных параметров.

Для студентов 4 курса очной и заочной форм с нормативным и сокращенным сроком обучения по направлению 151900 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль подготовки «Металлообрабатывающие станки и комплексы».

Автор

д.т.н., доцент, профессор, зав. кафедрой
«Адаптивные системы автоматического управления
механического типа» Шишкарёв М.П.





Оглавление

РАСЧЕТ системы инструментообеспечения ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ	4
Введение	4
1. Структура и алгоритм функционирования системы инструментального обеспечения.....	4
2. Организация подачи инструмента из центрального склада на станки	7
3. Последовательность выполнения работы	9
Литература.....	13
Приложение.....	14
расчет транспортной системы автоматизированного производства	17
Введение	17
1. Транспортные системы гибкого автоматизированного производства	17
2. Организация грузопотоков	20
3. Расчет основных параметров транспортной системы ..	25
4. Последовательность выполнения работы	27
Литература.....	29
Приложение.....	30
АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	36
Введение	36
1. Цель и задачи работы.....	36
2. Устройство и принцип действия адаптивных САУ механического типа	36
3. Порядок выполнения работы	43
Литература.....	45
Приложение.....	46



РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТООБЕСПЕЧЕНИЯ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Введение

Наибольшая эффективность и рентабельность многономенклатурного производства зависит от правильного выбора структуры и алгоритма функционирования системы инструментального обеспечения (СИО). Система инструментального обеспечения, обеспечивающая подготовку, доставку и поддержание режущего инструмента в исправном состоянии, является весьма важным звеном современной производственной системы в создании ритмично действующего и надежного производства. Поэтому решение задачи выбора рациональных способов обеспечения технологического оборудования режущим инструментом представляется весьма актуальным.

Целью работы является закрепление студентами полученных теоретических знаний и приобретение практических навыков составления структуры СИО гибкого автоматизированного производства, выбор ее составных частей и расчет эксплуатационных параметров.

1. Структура и алгоритм функционирования системы инструментального обеспечения

Структуру СИО гибкой производственной системы (ГПС) в зависимости от потоков инструмента можно подразделить на следующие группы: автономную; централизованную; комбинированную (рис. 1).

При автономных потоках инструмента (рис. 1, а) станки в ГПС оснащены магазинами инструментов (МИ). Номенклатура и число инструментов в магазине определяют технологические возможности каждого станка и количество изменяемых технологических переходов. Номенклатура инструмента и вместимость магазина характеризуют степень полноты обработки заготовки за один установ, число установов, необходимых для ее полной обработки и коэффициент использования инструмента. В данном случае простой многоцелевых станков (МС) вследствие ожидания смены инструмента минимальны. С увеличением числа инструментов технологические возможности станка расширяются, однако одновременно увеличиваются простои станка при переходе к изготовлению новой партии деталей, что обусловлено необходимостью изменения состава инструмента. При этом снижается коэффициент использова-



ния инструмента, что ведет к росту текущих материальных затрат.

При централизованных потоках (рис. 1, б) необходимый инструмент из центрального магазина инструментов (ЦМИ) подается в шпиндель станка автономным или программируемым автооператором, который обслуживает все станки ГПС. Обмен инструментов между станками осуществляет ЦМИ. При этом повышается коэффициент использования инструментов и уменьшается их общее число, необходимое для обработки заданной совокупности заготовок. Технологические возможности станков при централизованной СИО примерно равны, что дает возможность оперативно варьировать технологические функции между станками. Отказ какого-либо станка практически не влияет на работу остальных станков ГПС. В этом случае заданная совокупность заготовок будет обработана на исправных станках с некоторым опозданием по отношению к плановым срокам.

Централизованная СИО имеет следующие недостатки: при отказе ЦМИ комплекс не работает; заявки, поступающие от станков к ЦМИ, не всегда могут быть сразу выполнены, так как СИО может быть занята обслуживанием какого либо станка; возникает очередь станков, требующих обслуживания. Простой станков можно сократить за счет размещения в ЦМИ инструментов-дублеров, однако это увеличивает затраты на инструмент.

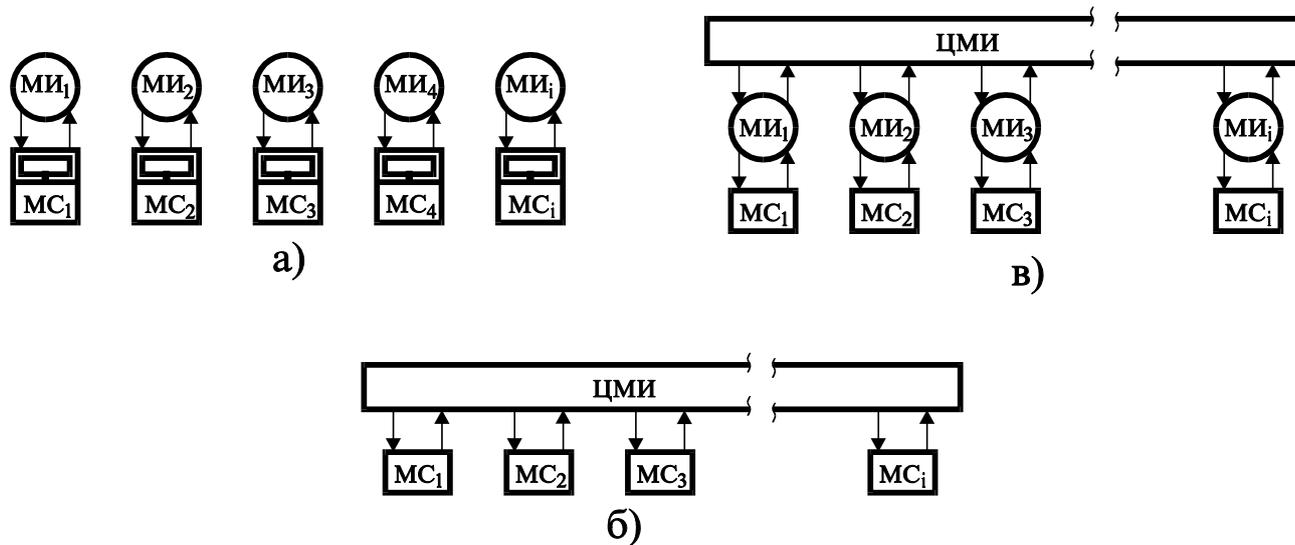


Рис.1. Структуры потоков инструментов в ГПС:
 а — автономная; б — централизованная; в — комбинированная



Принцип работы комбинированной СИО (рис. 1, в) основан на использовании ЦМИ и МИ станков. В этом случае потоки инструментов имеют двухуровневую иерархическую структуру. Этой СИО присущи преимущества централизованного потока инструментов. Каждый станок оснащен индивидуальным магазином, что обеспечивает смену инструмента в шпинделе сразу после поступления заготовки от станка, в результате чего сокращаются простои станков. Возможность обмена инструмента между станками через ЦМИ позволяет сократить число инструментов, необходимых для обработки заготовок заданной номенклатуры.

На станках, оснащенных МИ с автооператором, поиск нужного инструмента совмещен во времени с обработкой заготовки. Простои станка появляются в том случае, если время поиска инструмента больше времени выполнения предыдущего технологического перехода. Время поиска зависит от скорости перемещения магазина и порядка размещения в нем инструмента. Простои отсутствуют, если один оборот револьверного магазина происходит за среднее время нахождения инструмента в шпинделе (при полном заполнении магазина). Для нереверсивного магазина это условие выполняется, если время одного оборота составляет половину указанного среднего времени. В реверсивном магазине инструмент размещают в специальных гнездах, а в нереверсивных — равномерно, с определенным шагом.

2. Организация подачи инструмента из центрального склада на станки

В цехе, который имеет несколько автоматизированных участков, состоящих из ГПС, организуется, как правило, цеховой склад инструментов, который служит для хранения режущего, вспомогательного и слесарно-сборочного инструмента, а также технологической оснастки. Возможны три принципиальные схемы организации подачи инструмента с цехового склада на станки (МС) (рис. 2):

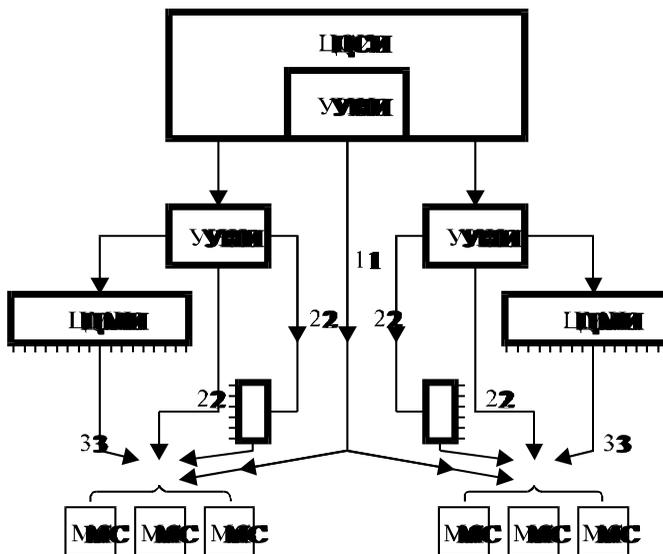


Рис. 2. Варианты организации подачи инструментов с центрального инструментального склада

- непосредственно к станкам через участок настройки инструментов (УНИ) цехового склада;
- на участки настройки инструментов отдельных ГПС и далее к станкам с загрузкой в стационарные магазины инструментов (МИ) станков или подачи сменными магазинами;
- на участки настройки инструмента отдельных ГПС, а затем через центральный магазин в стационарные магазины станков с загрузкой роботом.

При наличии в цехе большого числа ГПС, обслуживаемых цеховым складом инструментов, следует делать выбор между второй и третьей схемами, каждая из которых имеет преимущества и недостатки. Так, например, вторая схема требует наличия станков со сменными магазинами. Подача магазина на каждый станок требует дополнительных устройств транспортирования и установки различных магазинов, увеличивает транспортные потоки и вероятность простоев из-за ожидания магазина. Третья схема обеспечивает автоматическую загрузку инструмента роботами в магазины станков. Загрузка из центрального магазина позволяет иметь на станке небольшой по вместимости магазин или вообще не иметь его. Наличие центрального магазина сокращает число инструментов, находящихся в обороте. Если в одной ГПС имеется большое число станков, то создание центрального магазина



и использование роботов для загрузки инструментов затрудняет создание рациональной планировки оборудования. В этом случае предпочтительнее применение сменных или дополнительных магазинов.

3. Последовательность выполнения работы

3.1. В соответствии с полученным вариантом задания и на основании изложенного выше выбрать и обосновать:

— рациональную схему организации подачи инструмента с цехового склада на станки (в зависимости от количества Q ГПС в цехе) и графически изобразить принятую схему;

— рациональную структуру потока инструмента в ГПС.

В вариантах с нечетными номерами станки оснащены дисковыми магазинами емкостью 30 инструментов, в вариантах с четными номерами — цепными магазинами емкостью 120 инструментов.

3.2. Определить суммарное число инструментов, необходимых для обработки заготовок всех предусмотренных наименований деталей в течении месяца по формуле

$$N_{и} = N_1 + N_{д.и},$$

где N_1 — число инструментов для обработки всей номенклатуры деталей:

$$N_1 = \frac{K_n t_{об.ср}}{t_{и.ср}},$$

где K_n — число наименований деталей, шт; $t_{об.ср}$ — среднее время обработки деталей одного наименования, мин; $t_{и.ср}$ — среднее время работы одного инструмента, мин; $N_{д.и}$ — число инструментов-дублеров для обработки месячной программы деталей, шт:

$$N_{д.и} = n_{д.и} K_n,$$

где $n_{д.и}$ — среднее число дублеров на одну деталь, шт.

Дублеры необходимы для инструмента с малой стойкостью (метчики, развертки и т. п.).

3.3. Определить производительность подъемного устройства (кассеты) для подачи инструмента в центральный магазин, шт/ч

$$Q_k = \frac{N_{и} K_{п}}{\Phi_k},$$



где K_n — коэффициент, учитывающий число деталей в партии ($K_n=1,3\dots1,5$); Φ_k — месячный фонд времени работы кассеты ($\Phi_k=305$ ч).

3.4. Определить количество автооператоров, работающих у станков, в такой последовательности.

3.4.1. Суммарное время, затрачиваемое автооператорами на обслуживание станков, ч

$$t_{\text{обс}} = \sum_{i=1}^{n_c} \frac{K_{\text{см}} t_{\text{см.ср}}}{60},$$

где $K_{\text{см}}$ — число смен инструмента на одном станке в течение месяца, шт; $t_{\text{см.ср}}$ — среднее время смены одного инструмента, мин; n_c — число станков в ГПС.

Составляющая $K_{\text{см}}$ в последней формуле определяется так

$$K_{\text{см}} = N_{\text{и}} K_{\text{п}} + K_{\text{см.д}},$$

где $K_{\text{см.д}}$ — число дополнительных смен в течение месяца, связанных с некомплектностью инструмента:

$$K_{\text{см.д}} = \frac{2N_{\text{и}} N K_{\text{н}}}{n_3},$$

$N_{\text{и}}$ — число инструментов, не размещающихся в магазине станка; N — месячная программа выпуска деталей; n_3 — число заготовок, одновременно обрабатываемых на станке.

Время $t_{\text{см.ср}}$ смены одного инструмента в магазине определяется временем отработки автооператором стандартного цикла и зависит от длины и скорости V_a его перемещения ($V_a=30\dots60$ м/мин).

Средняя длина перемещения автооператора определяется по формуле, м

$$l_{\text{а.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} l_{ij}}{\sum_{i=1}^{n_c} j},$$

где l_{ij} — расстояние от i -го станка до j -го гнезда централь-



ного магазина, m ; J — число гнезд центрального магазина.

Тогда

$$t_{\text{см.ср}} = \frac{I_{\text{а.ср}}}{V_{\text{а}}}.$$

3.4.2. Определить число автооператоров по коэффициенту его загрузки, который равен

$$K_{\text{з.а}} = \frac{t_{\text{обс}}}{\Phi_{\text{а}}},$$

где $\Phi_{\text{а}}$ — месячный фонд времени работы автооператора ($\Phi_{\text{а}} = 305$ ч).

Если $K_{\text{з.а}} \geq 1$, то необходимо иметь два или более автооператора.

3.5. Определить число автооператоров, работающих между линиями центрального магазина, в следующей последовательности.

3.5.1. Определить суммарное время, затрачиваемое автооператором на общее перемещение, по формуле

$$t'_{\text{обс}} = t_{\text{в.в}} + t_{\text{о.и}},$$

где $t_{\text{в.в}}$ — время на обслуживание кассет при вводе и выводе инструмента из ГПС, ч; $t_{\text{о.и}}$ — время обмена инструмента между линиями центрального магазина, ч.

Первое слагаемое в формуле определяется по формуле

$$t_{\text{в.в}} = \frac{N_{\text{в.в}} t_{\text{в.в.ср}}}{60},$$

где $N_{\text{в.в}}$ — суммарное число инструментов, вводимых и выводимых из ГПС в течение месяца, шт; $t_{\text{в.в.ср}}$ — среднее время одного ввода-вывода инструмента: $t_{\text{в.в.ср}} = 2,2$ мин.

Второе слагаемое определяется по формуле

$$t_{\text{о.и}} = \frac{K_{\text{л}} t_{\text{см.ср}}}{60},$$

где $K_{\text{л}}$ — суммарное число смен инструмента между линиями.

3.5.2. Определить коэффициент загрузки автооператора, который равен



$$K'_{3.a} = \frac{t'_{\text{обс}}}{\Phi_a}.$$

Если $K'_{3.a} \geq 1$, то нужно иметь два или более автооператора. Один автооператор обслуживает кассеты, другой — линии центрального магазина. При этом каждый автооператор устанавливает инструмент в гнезда передаточной зоны одной линии.

3.6. Оформить письменный отчет о работе с обоснованием выбранной стратегии работы СИО и привести последовательный расчет параметров системы. Проанализировать эффективность применения выбранного варианта системы инструментального обеспечения.



ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование автоматизированных участков и цехов: Учебник для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Под ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Машиностроение, 1992. — 272 с.
2. Брук И.В. Черпаков Б.И. Гибкие механообрабатывающие системы. — М.: Высшая школа, 1987. — 103 с.
3. Чарнко Д.В., Хабаров Н.Н. Основы проектирования механосборочных цехов. — М.: Машиностроение, 1975. — 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Исход- ные данные	Номер варианта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$K_{н, шт}$	8	6	13	11	9	7	15	12	10	13	8	11	6	10	12
$t_{об.ср, мин}$	55	40	58	47	63	59	50	48	57	53	100	82	78	69	74
$t_{и.ср, мин}$	3,2	2,9	3,3	3,0	3,5	3,3	3,0	3,1	3,2	3,1	4,9	4,4	4,3	4,0	4,2
$n_{д,и, шт}$	3	2	3	2	4	3	3	2	3	2	5	4	4	3	4
$K_{см, шт}$	74	69	80	78	79	62	55	58	61	52	78	75	70	74	79
$n_{с, шт}$	12	10	15	14	9	13	11	15	16	14	8	13	9	9	13
$N_{и, шт}$	7	3	5	7	6	4	5	6	4	8	6	3	5	5	7
$N, шт$	520	480	632	591	610	422	385	470	523	368	605	563	527	578	601
$Q, шт.$	12	8	3	5	4	10	12	18	15	2	4	3	6	7	8
$n_{э, шт}$	1	1	1	2	3	1	2	1	1	3	2	1	2	2	1
$l_{ij}, м$	5,7	6,2	7,1	6,4	5,8	6,0	6,1	6,9	7,0	5,9	5,9	6,3	6,5	6,8	6,8

Информационное обеспечение автоматизированных технологических комплексов

j , шт	320	280	340	290	360	400	370	300	320	310	300	290	280	315	350
$N_{в.в}$, шт	164	92	290	200	200	150	295	224	220	290	200	245	140	200	260
$K_{л}$, шт	85	60	150	120	115	100	165	130	125	150	115	140	80	120	140

Исходные данные	НОМЕР ВАРИАНТА														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
K_n , шт	15	14	13	18	9	7	11	15	17	12	14	10	9	16	7
$t_{об.ср}$, МИН	65	72	91	87	78	71	61	59	49	61	68	55	53	73	76
$t_{и.ср}$, МИН	3,9	4,1	4,7	4,6	4,3	4,1	3,5	3,3	3,0	3,5	3,9	3,2	3,1	4,1	4,3
$n_{д.и}$, шт	3	3	4	4	3	3	2	2	2	3	4	3	2	4	5
$K_{см}$, шт	64	69	70	73	71	76	65	55	54	68	71	73	63	66	68
$n_{с}$, шт	11	8	12	15	13	14	10	10	15	14	13	8	9	9	12
N_n , шт	4	5	3	7	8	4	9	7	6	8	9	5	6	4	7
N , шт	432	494	508	553	527	581	433	398	384	525	563	588	421	498	506

Информационное обеспечение автоматизированных технологических комплексов

Q, шт	4	5	15	14	20	19	18	15	5	4	3	19	18	21	16
n _э , шт	2	1	1	1	3	2	2	1	3	1	2	2	1	1	1
l _{ij} , м	5,7	5,9	6,1	6,2	6,7	6,4	7,1	7,7	7,3	7,5	7,4	6,8	6,3	6,9	5,8
j, шт	330	310	290	310	300	380	390	400	350	320	330	300	295	340	360
N _{в.в} , шт	275	290	285	192	210	150	310	300	315	235	295	200	180	360	160
K _л , шт	170	185	180	100	110	80	190	180	195	130	160	105	100	220	95



РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение

Современное многономенклатурное автоматизированное производство характеризуется высокой степенью гибкости всех составляющих его подсистем. Наибольшая эффективность и рентабельность такого производства зависит, в частности, от правильного выбора транспортной системы, вида ее оборудования и организации функционирования транспорта. Транспортная система, обеспечивающая работу подсистемы потока материалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и комплектов технологической оснастки, является весьма важным звеном современной производственной системы в создании ритмично действующего и надежного производства. Поэтому решение задачи обеспечения производственного подразделения высокопроизводительным, гибким и надежным транспортом, а также создания его рациональной структуры и организации оптимальных грузопотоков, является весьма актуальным.

Целью работы является закрепление студентами полученных теоретических знаний и выработка практических навыков составления структуры транспортной системы гибкого автоматизированного производства, выбор ее составных частей и расчет эксплуатационных показателей.

1. Транспортные системы гибкого автоматизированного производства

Основой для проектирования автоматизированной транспортной системы является схема грузовых потоков, представляющих собой определенный порядок движения предметов труда в соответствии с последовательностью производственного процесса.

Организация оптимальных грузопотоков включает решение таких задач, как сокращение общей длины транспортных путей, пересечений и разветвлений, исключение транспортных петель и возвратных трасс, обеспечение ремонтпригодности транспортных средств. В общем случае транспортная система состоит из транспортных средств доставки грузов и загрузочно-разгрузочных средств, обеспечивающих связь с технологическим оборудованием.

В качестве транспортных средств применяют ручные и автоматические тележки (робокары), электрокары, электропогруз-



чики, мостовые и поворотные краны, подвесные кран-балки с нижним управлением, ленточные, роликовые, шаговые и подвесные конвейеры, поворотные устройства. Составными элементами транспортной системы являются загрузочно-разгрузочные устройства (автооператоры), встроенные непосредственно в оборудование или расположенные рядом промышленные роботы, агрегаты загрузки и разгрузки.

В общем случае в гибкой производственной системе (ГПС) различают 3 основных вида компоновочных решений транспортно-складских систем: линейное двустороннее транспортирование (рис. 1.1, а) объектов между рабочими позициями 1, когда на транспортных отрезках нет разъездов, и работа без столкновений возможна только при наличии одной тележки 4 на каждом из отрезков; одностороннее замкнутое транспортирование (рис. 1.1, б) с разъездами, при котором возможно одновременное перемещение нескольких тележек; транспортирование индивидуальными средствами (рис. 1.1, в), что обеспечивает движение объектов в любой момент времени и в любом месте ГПС.

Транспортные системы первого типа имеют относительно малую вместимость, что ограничивает возможность их использования обслуживанием незначительного количества рабочих позиций при большом времени обработки на каждой позиции.

В транспортных системах второго типа используется несколько тележек, что обеспечивает их повышенную гибкость. Такие системы применяются в пространственных протяженных ГПС с большим числом рабочих позиций и при меньшем по сравнению с первым типом времени обработки на каждой позиции. После каждого этапа транспортирования происходит отделение приспособления-спутника от тележки.

Вследствие большой транспортной вместимости систем третьего типа целесообразно их использование при небольшом количестве рабочих позиций и малом времени обработки на каждой позиции.

Для промежуточного хранения объектов в ГПС используют как децентрализованные буферные накопители (позиции загрузки 3 и разгрузки 2), так и центральные накопители-склады 5 на общей приемной позиции, обслуживаемые штабелером 8. В транспортно-складских системах всех трех типов позиции 6 и 7 являются выходами и входами систем.

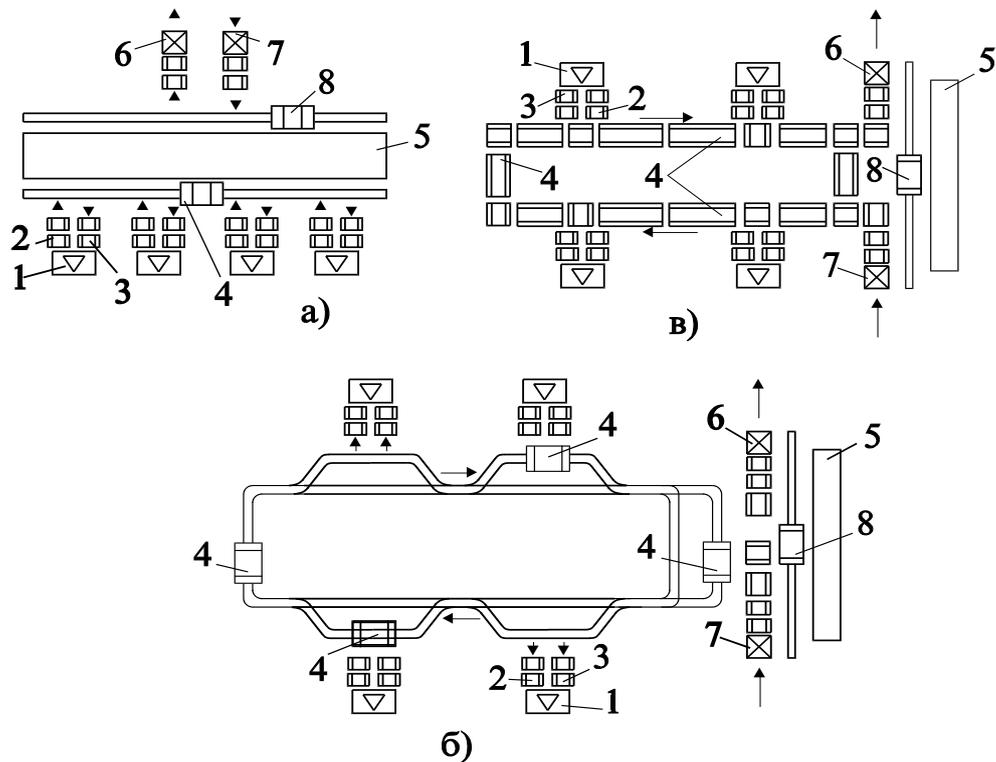


Рис. 1.1. Типы транспортных систем ГП

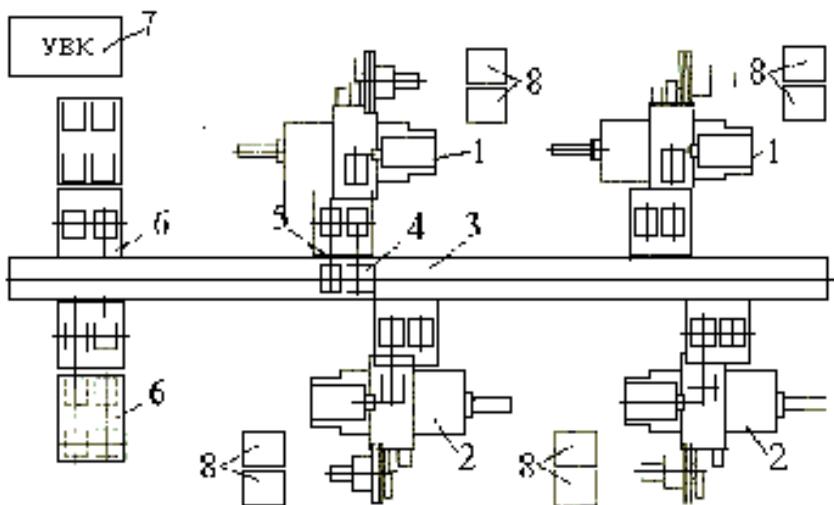


2. Организация грузопотоков

Транспортные потоки могут быть непрерывными и периодическими. Возможно комбинированное использование непрерывного и периодического перемещений при условии развязки транспортных средств буферными накопителями. Функции накопителей могут выполнять сами транспортные средства и тара.

В ГПС осуществляется два вида связей между производственными модулями: прямая и косвенная. Прямая связь (рис. 2.1) характеризуется передачей объектов транспортирования непосредственно со склада к оборудованию.

Рис. 2.1. Компоновка гибкого автоматизированного участка модели АСК: 1 и 2 — многоцелевые сверлильно-фрезерно-



расточные модули разных типоразмеров; 3 — рельсовый путь; 4 — транспортная тележка; 5 — манипулятор; 6 — вертикальный накопитель спутников цепного типа; 7 — управляюще-вычислительный комплекс; 8 — системы ЧПУ модулей

После обработки на одном модуле заготовка передается к очередному модулю, минуя склад. Такой вид связи применяется преимущественно при транспортировании заготовок большой массы и сравнительно большом времени обработки на каждом модуле. Ответвления транспортной системы служат промежуточными накопителями.

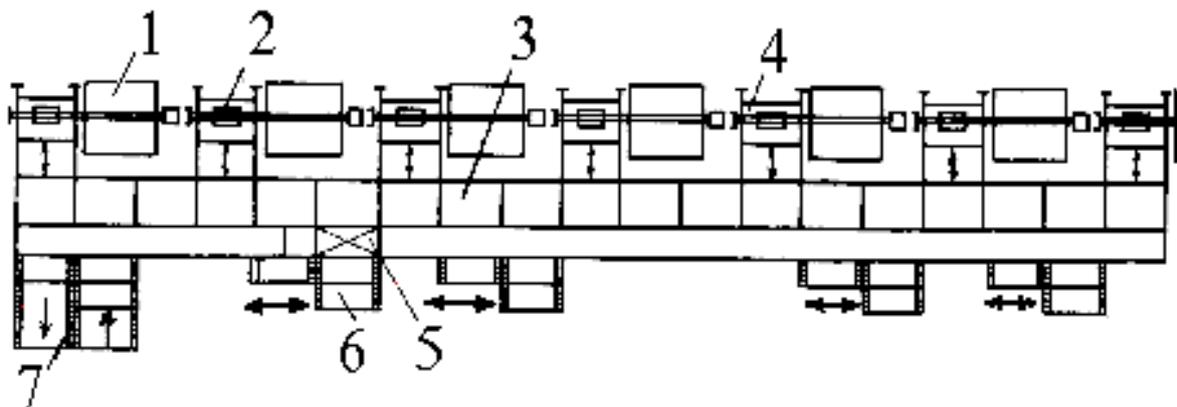


Рис. 2.2. Компоновка ГПС для обработки деталей типа тел вращения при организации грузопотоков через склад: 1 — токарные ГПМ; 2 — промышленные роботы; 3 — автоматизированный склад; 4 — столы для кассет с заготовками; 5 — кран-штабелер; 6 — станция обслуживания; 7 — входная и выходная позиции склада

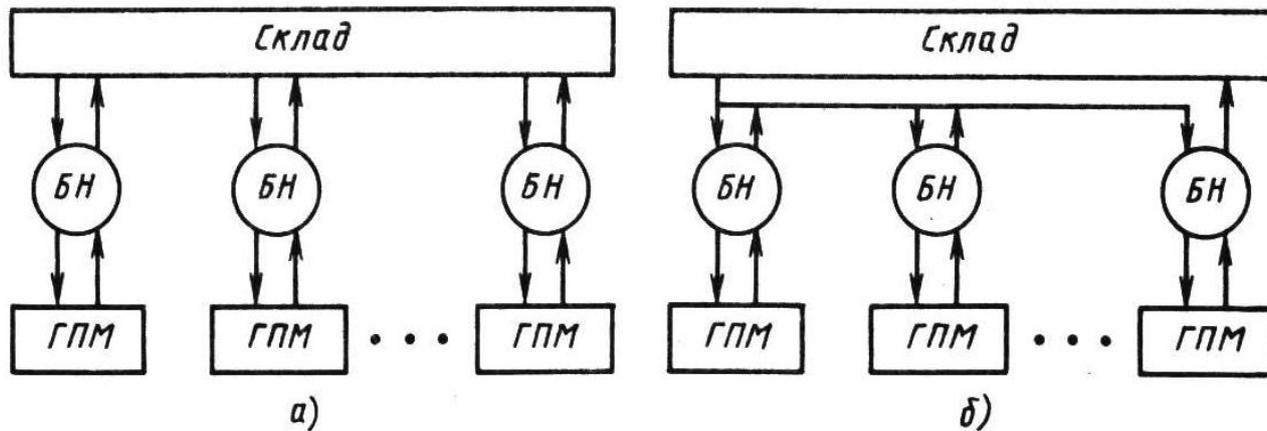


Рис. 2. 3. Параллельная (а) и последовательная (б) двухуровневые структуры потоков деталей в ГПС

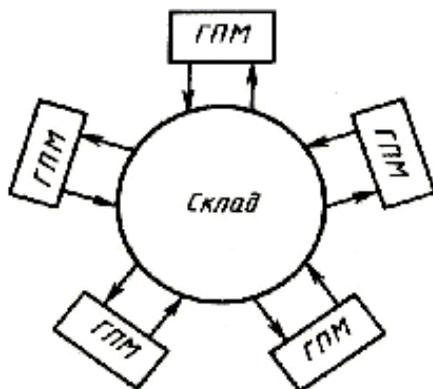


Рис. 2.4. Лучеобразная структура потока деталей ГПС

При косвенной связи транспортирование заготовок осуществляется только через склад (рис. 2.2). После обработки на одном модуле заготовка передается на склад, а затем со склада поступает на очередной модуль после его высвобождения.

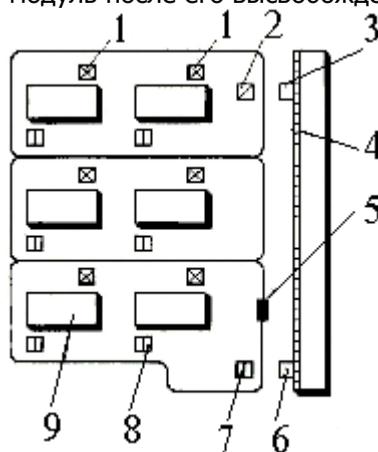


Рис.2.5. Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС) с разветвленной трассой: 1 — буферные накопители; 2 — позиция контроля размеров заготовок; 3—6 — позиции перегрузки заготовок; 4 — центральный автоматизированный склад; 5 — самоходная тележка; 7 — зона сбора стружки; 8 — контейнеры для стружки; 9 — технологическое оборудование

При использовании этого вида связи новая партия обычно



небольших деталей направляется к модулю только после окончания обработки предыдущей партии, что снижает требования к вместимости накопителей.

Если на рабочих позициях организованы буферные накопители, то структура потока деталей ГПС имеет два иерархических уровня: центральный склад — буферные накопители (БН) и накопители — гибкие производственные модули (ГПМ) (см. рис. 2.3). Станочные модули функционируют до тех пор, пока не будут обработаны все заготовки из накопителя. При этом возможны параллельная и последовательная структуры.

Взаимное расположение центрального склада, ГПМ и буферных накопителей может быть различным. На организацию структуры потока деталей влияет также форма склада.

ГПМ относительно склада призматической формы располагают с одной или с двух сторон либо параллельно по отношению к грузонесущим поверхностям, либо перпендикулярно к ним. При цилиндрической форме склада применяют лучеобразную структуру потока деталей (рис. 2.4).

Автоматическое перемещение объектов с разветвлением трассы целесообразно при многорядном расположении технологического оборудования и выполнении одним транспортным средством нескольких функций (рис. 2.5). С центрального склада 4 заготовки в таре подаются штабелером на позицию перегрузки 3 и 6. Самоходная тележка 5, снабженная роботом, передает заготовки к буферным накопителям 1 и забирает детали в любой последовательности по мере необходимости и приоритета обслуживания. Несколько раз в смену тележка развозит пустые контейнеры для стружки и собирает заполненные стружкой контейнеры.

Автоматизированная транспортно-складская система (рис. 2.6) с односторонним перемещением грузов по разветвленной замкнутой трассе функционирует без центрального склада.

В приведенной компоновке роликовые конвейеры 2 с поворотными столами 3 одновременно являются и транспортными средствами, и накопителями объектов транспортирования. При обработке корпусных деталей, занимающей много машинного времени, требуется относительно небольшое число позиций конвейера - накопителя для обеспечения ГПМ заготовками в течение рабочей смены.

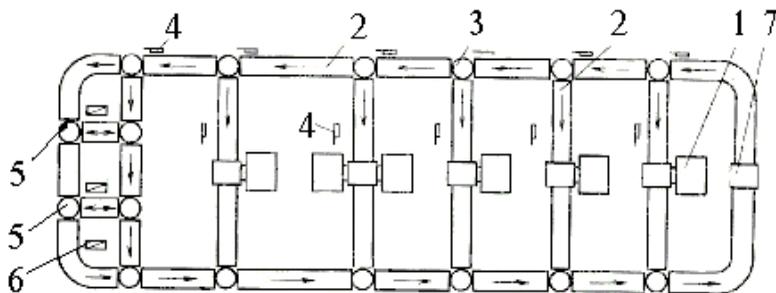


Рис. 2.6. АТСС с односторонним перемещением объектов по разветвленной замкнутой трассе: 1 — ГПМ; 2 — роликовые конвейеры; 3 — поворотные столы; 4 — датчики считывания адресов; 5 — входные и выходные позиции; 6 — устройства адресования грузов; 7 — моечная машина

3. Расчет основных параметров транспортной системы

В общем виде производительность транспортного средства определяется по формуле

$$Q_{\text{ср}} = Q_{\text{н}}(1 - K_{\text{н}}), \text{ шт/мин}, \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{н}}$ — цикловая производительность обслуживаемого технологического оборудования (единицы или нескольких единиц оборудования, работающих параллельно), шт/мин; $K_{\text{н}}$ — коэффициент нестабильности работы транспорта, $K_{\text{н}} = 0,2 \dots 0,3$.

Производительность транспорта зависит от скорости перемещения груза. В табл. 3.1, 3.2 приведены рекомендуемые скорости соответственно перемещения деталей конвейерами и подъемниками, а также самотечного перемещения изделий в лотковых конвейерах.

Скорость перемещения грузов на конвейерах непрерывного действия определяется по формуле

$$V_{\text{г}} = 1000 Q_{\text{ср}} L_{\text{г}} / K_{\text{з.г}}, \text{ м/мин}, \quad (3.2)$$

где $L_{\text{г}}$ — размер груза в направлении его движения, м; $K_{\text{з.г}}$ — коэффициент заполнения транспорта грузом, $K_{\text{з.г}} = 0,7 \dots 0,8$.

Число двойных ходов в минуту транспортных средств периодического действия (пилообразных, шаговых и гребенчатых конвейеров, толкающих и шаговых подъемников) вычисляется так

$$N_{\text{ш}} = 1000 V_{\text{г}} / (2L), \text{ дв. х./мин}, \quad (3.3)$$

где L — величина шага перемещения планки, гребенки, ползуна или каретки, мм.

Количество индивидуальных транспортных средств



каждого типа исходя из машиноемкости транспортных операций

$$T_{м.е} = QT_{ц} / (60q_n), \text{ ч}, \quad (3.4)$$

где Q — грузопоток, т; $T_{ц}$ — средняя длительность одного цикла работы транспортного средства, мин; q_n — средняя транспортная партия (количество грузов, перевезенных за один рейс), определяется по формуле

$$N_{тр} = (\sum T_{м.е} K_c) / (\Phi_o K_{3.г}), \quad (3.5)$$

где K_c — коэффициент спроса, учитывающий неравномерность поступления требований на обслуживание в единицу времени, $K_c = 1, 2, \dots, 1, 6$; Φ_o — эффективный годовой фонд времени работы принятого типа оборудования, ч; $K_{3.г}$ — см. выше.

Таблица 3.1

Тип	Скорость, м/мин	Примечание
Конвейер		
Ленточный	40...60	Для деталей с $m=2$ кг
Цепной	4...15	Для колец с $D=24...160$ мм
Роликовый	8...12	Для деталей с $m < 40$ кг
	4...8	
Распределительный	4...12	Для деталей с $m=40...60$ кг
Двухвалковый	0,5...0,8	Для колец с $D=24...160$ мм
	1,2...1,5	
Винтовой	0,6...6	Для колец с $D=24...160$ мм
		Для валиков с $D=10...30$ мм
Вибрационный	2...5	
Пневматический	6...20	В зависимости от такта обработки деталей
Шаговый:		
с убирающимися со- бачками	до 10...12	Для колец с $D=24...35$ мм
с поворотными захват- ными устройствами	до 30...40	Для деталей с $m < 100$ кг
Перекладывающий	5...10	Для деталей с $m < 60$ кг
Пилообразный	4...10	Для деталей с $m < 40$ кг
Гребенчатый	4...10	Для валиков с $D=10...20$ мм
		Для шатунов
Подъемник		



Цепной: с поводком	7...20	Для колец с $D=24...160$ мм
с люлькой	7...10	Для деталей с $D=90...200$ мм
Вибрационный	4...10	Для деталей с $m=0,1...0,3$ кг
Толкающий	3...6	Для колец с $D=40...100$ мм
Шаговый	7...10	Для деталей с $D=100...290$ мм

Примечание: D — диаметр детали; m — масса детали.

Величина T_c в формуле (3.4) определяется с учетом выполнения следующих транспортных операций: движение транспорта к месту погрузки; погрузка; движение с грузом; разгрузка; непредвиденные задержки, время которых принимают равным 0,15 времени движения транспортного средства с грузом. Время движения транспортного средства определяют исходя из длины транспортного пути и скорости перемещения, которая не должна превышать 80 м/мин для напольного транспорта и 50 м/мин для подвешенного транспорта.

Таблица 3.2

Материал детали	Масса, кг	Скольжение		Качение		Скатывание на роликах	
		заготовки	детали	заготовки	детали	заготовки	детали
Чугун	0,1...0,5	93...66	51...36	60...42	39...30	72...51	51...36
Бронза	1...4	48...24	30...15	33...15	21...9	36...18	30...15
Латунь, сталь	0,2...1	105...78	51...36	72...51	51...36	78...57	60...42
незакаленная	2...8	54...27	30...15	36...18	30...15	42...21	33...15
Сталь закаленная	0,3...1,5	114...90	72...51	78...57	60...42	90...75	72...51
	3...12	72...36	36...18	42...21	33...15	60...24	36...18
Медь	0,1...0,5	78...57	45...30	51...36	36...27	60...42	39...30
Алюминий	1...4	42...21	21...9	24...15	18...9	33...15	21...9

4. Последовательность выполнения работы

4.1. В соответствии с полученным вариантом задания составить план расположения технологического оборудования, соблюдая при этом установленные нормы ширины проходов и проездов и указанную в задании площадь. При составлении пла-



на предусмотреть межстаночные буферные накопители и рассчитать их емкость по формуле

$$P_i = 480 [Q_{n(i-1)} - Q_{ni}], \text{ шт.},$$

где $Q_{n(i-1)}$ и Q_{ni} — соответственно цикловая производительность (шт/мин) на предыдущей (по ходу технологического процесса) и последующей операциях.

4.2. На основе приведенных в разделах 1 и 2 рекомендаций и используя данные об обрабатываемых изделиях выбрать схему грузопотока и место расположения автоматизированного склада.

4.3. В соответствии с выбранной схемой грузопотока и на основе анализа перемещений транспортных средств рассчитать общую длину пути перемещений, используя планировочное решение и габаритные размеры производственного подразделения.

4.4. Используя данные варианта задания и формулу (3.1), определить производительность транспортного средства Q_{cp} . По найденной величине Q_{cp} определить, используя формулу (3.2), требуемую скорость перемещения грузов V_r . По вычисленной величине V_r установить тип транспортного средства на основе данных табл. 3.1 или табл. 3.2. Если в качестве транспортного средства следует применять устройство периодического действия, необходимо, пользуясь формулой (3.3), определить число его двойных ходов $n_{щ}$.

4.5. При использовании индивидуальных транспортных средств определить их потребное количество $N_{тр}$ по формуле (3.5), предварительно вычислив машиноемкость транспортных операций $T_{м.е}$ по формуле (3.4). При определении величины $T_{ц}$ время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку транспортного средства, принимать в размере 0,2...0,3 времени его движения.

4.6. Оформить письменный отчет о работе, приведя в нем план расположения оборудования с буферными накопителями, складом и указанием транспортных потоков и транспортных средств, обоснование выбранной стратегии работы транспортной системы, последовательный расчет параметров транспортной системы, и предъявить ее преподавателю.



ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков В.Н. Основы автоматизации и промышленные роботы. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
2. Проектирование автоматизированных участков и цехов: Учебник для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Под ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Машиностроение, 1992. — 272 с.
3. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов: Учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов / Под ред. А.М. Дальского — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
4. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта: Учеб. пособие для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». — М.: Машиностроение, 1980. — 304 с.
5. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. — М.: Машиностроение, 1968. — 421 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий

N пп	Исходные данные		Номер варианта				
			1	2	3	4	5
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		6x19	6x36	7x18	8x20	7x22
2.	Количество станков, шт		7	10	8	6	10
3.	Грузопоток, т		10600	14300	14100	18900	13800
4.	Транспортная партия, т		0,120	0,160	0,150	0,200	0,130
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,21	0,14	0,19	0,31	0,17
		нечетных	0,36	0,16	0,26	0,22	0,17
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,65	0,92	0,71	0,68	0,89
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1250	1400	1200	1400	1300
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	1800x3700	2100x4300	1600x2100	2000x3500	1600x1700
		нечетных	1700x1900	1900x2000	2200x3800	2100x4300	2000x3300

Варианты заданий

N пп	Исходные данные		Номер варианта				
			6	7	8	9	10
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		6x19	5x21	6x24	7x18	6x34
2.	Количество станков, шт		7	5	10	8	9
3.	Грузопоток, т		10900	15700	31000	28700	24300
4.	Транспортная партия, т		0,145	0,160	0,190	0,170	0,210
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,16	0,19	0,13	0,23	0,14
		нечетных	0,21	0,25	0,29	0,22	0,12
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,88	0,72	0,90	0,66	0,83
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1450	1100	1200	1250	1400
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	2000x4200	1600x1600	1600x3800	1700x3600	1500x1500
		нечетных	1600x1800	1900x3200	1400x1600	1600x1800	1600x3600

Варианты заданий

N пп	Исходные данные		Номер варианта				
			11	12	13	14	15
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		5x22	4,5x30	6x18	6x26	7x24
2.	Количество станков, шт		5	8	6	7	9
3.	Грузопоток, т		21200	25300	19200	18700	23400
4.	Транспортная партия, т		0,140	0,210	0,160	0,120	0,150
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,26	0,18	0,16	0,22	0,29
		нечетных	0,20	0,14	0,17	0,22	0,27
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,61	0,83	0,77	0,68	0,59
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1450	950	1100	1050	1600
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	2300x3900	1700x2000	1600x3900	1500x1500	1300x1700
		нечетных	1800x2300	2100x3200	1500x1700	1800x3500	2200x4100

Варианты заданий

№ п/п	Исходные данные		Номер варианта				
			16	17	18	19	20
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		8x15	7x30	7x18	6x24	8x18
2.	Количество станков, шт		5	8	8	6	7
3.	Грузопоток, т		14850	22600	21300	9850	130000
4.	Транспортная партия, т		0,150	0,185	0,220	0,110	0,130
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,32	0,16	0,17	0,19	0,23
		нечетных	0,21	0,16	0,20	0,14	0,28
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,58	0,85	0,92	0,78	0,74
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1200	900	1100	950	1000
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	2000x4100	1600x1700	1800x3500	1400x3300	1600x1600
		нечетных	1800x1900	1900x3100	1400x1600	1600x1900	1900x3400

Варианты заданий

№ п/п	Исходные данные		Номер варианта				
			21	22	23	24	25
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		8x20	6x32	8x15	7 x22	6x24
2.	Количество станков, шт		10	8	7	9	6
3.	Грузопоток, т		19600	24600	14800	17300	12600
4.	Транспортная партия, т		0,165	0,180	0,150	0,145	0,110
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,18	0,24	0,29	0,19	0,23
		нечетных	0,11	0,23	0,22	0,18	0,28
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,95	0,67	0,65	0,78	0,86
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1050	1100	1000	1400	1300
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	1400x3300	1700x3600	1400x1400	1600x4300	1600x3900
		нечетных	1300x1400	1500x1700	1500x3200	1250x1500	1600x1600

Варианты заданий

№ п/п	Исходные данные		Номер варианта				
			26	27	28	29	30
1.	Производственная площадь подразделения, м ²		6x18	8x14	6x24	6x18	8x18
2.	Количество станков, шт		5	6	6	8	7
3.	Грузопоток, т		21100	20800	16600	15800	15100
4.	Транспортная партия, т		0,190	0,200	0,130	0,160	0,140
5.	Цикловая производительность станков, шт/мин	четных	0,20	0,27	0,18	0,25	0,22
		нечетных	0,25	0,22	0,23	0,20	0,22
6.	Размер груза в направлении движения, м		0,87	0,68	0,73	0,78	0,87
7.	Величина шага перемещения транспортного средства, мм		1350	1150	1300	1200	1200
8.	Габариты станков в плане, мм	четных	1600x4100	1400x1500	1600x4100	1400x1400	1300x1700
		нечетных	1500x1800	1700x3300	1300x1400	1400x3700	1500x3600



АНАЛИЗ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Введение

Адаптивные системы автоматического управления (САУ) относятся к системам замкнутого типа и обеспечивают регулирование или стабилизацию выходных параметров управляемых объектов при воздействии на них внешних и внутренних возмущающих сигналов случайного характера. В результате автоматического регулирования происходит стабилизация величин выходных параметров или изменение их по определенному закону. Это позволяет оптимизировать ход технологических процессов, выполняемых управляемыми объектами, в соответствии с заданными целевыми функциями, повысить производительность и точность технологического оборудования, снизить себестоимость производства изделий.

1. Цель и задачи работы

Целью практической работы является углубление знаний в области адаптивных САУ и приобретение навыков их анализа.

Задачи работы:

- ознакомление с принципом действия и устройством адаптивных САУ механического типа на базе предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания;
- исследование влияния характеристик обратной связи адаптивных САУ на стабильность регулируемого параметра управляемого объекта;
- приобретение навыков проведения сравнительного анализа конкурируемых объектов.

2. Устройство и принцип действия адаптивных САУ механического типа

В современном машиностроении адаптивные САУ находят широкое применение в предохранительных фрикционных муфтах [1], которые в данном случае называются адаптивными фрикционными муфтами (АФМ) [2]. Предохранительные фрикционные муфты применяют в приводах технологического оборудования для передачи вращающего момента и защиты кинематических цепей от перегрузок. Они обладают более высокой плавностью работы по сравнению с предохранительными муфтами других типов (пружинно-шариковых, пружинно-кулачковых, муфт с разру-



шающимися элементами и др.), особенно в периоды срабатывания, бесшумны в работе.

Наряду с указанными достоинствами предохранительные фрикционные муфты имеют некоторые недостатки, главным из которых является невысокая стабильность величины вращающего момента при срабатывании. Этот недостаток снижает надежность защиты приводов от перегрузок, причиной его являются колебания величины коэффициента трения между фрикционными парами.

Предохранительная фрикционная муфта (рис. 1) состоит из ведущей 1 и ведомой 2 полумуфт, которые связаны между собой пакетом фрикционных дисков 3 и 4. Диски 3 соединены с полумуфтой 2, а диски 4 — с полумуфтой 1. Силовое замыкание пакета фрикционных дисков осуществляется пружиной 5, которая передает усилие через нажимной диск 6. Нажимной диск связан с полумуфтой 1 при помощи направляющей шпонки 7.

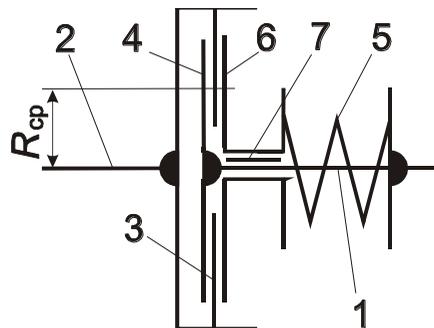


Рис. 1. Кинематическая схема предохранительной фрикционной муфты

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что колебания величины коэффициента трения носят случайный характер и зависят от большого числа факторов, основными из которых являются [3]:

- величина контактного давления на поверхностях трения;
- скорость нарастания нагрузки перед срабатыванием муфты;
- время неподвижного контакта пар трения перед срабатыванием;
- состояние контактирующих поверхностей пар трения;
- температура на поверхностях трения;
- влажность окружающей среды и др.

Изменение величины коэффициента трения подчиняется закону нормального распределения с выраженной положительной асимметрией. В зависимости от условий эксплуатации муфты и



сочетания материалов пар трения размах колебаний величины коэффициента трения может быть весьма большим. Например, по данным экспериментальных исследований, для пары трения «сталь—асбобфрикционный материал НСФ-3» при изменении скорости нарастания нагрузки перед срабатыванием муфты в 3,7 раза величина коэффициента трения изменяется в интервале 0,1...1,0 при среднем значении 0,36.

Соответственно изменяется величина вращающего момента при срабатывании предохранительной фрикционной муфты. Высокий уровень перегрузки, вносимой муфтой в привод, приводит к возникновению высоких напряжений в деталях, повышению запаса прочности и увеличению габаритов и веса привода.

АФМ имеют в своем составе управляющее устройство (УУ), принцип действия которого основан на пропорциональном уменьшении силы прижатия поверхностей трения друг к другу по мере увеличения коэффициента трения и наступления перегрузки. Такой принцип действия реализуется с помощью отрицательной обратной связи в соответствии со структурно-функциональной схемой АФМ (рис. 2).

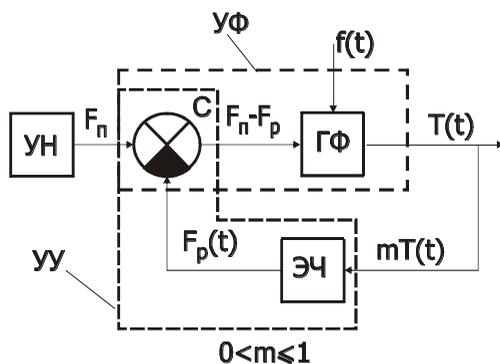


Рис. 2. Структурно-функциональная схема АФМ 1-го поколения

F_n (силы натяжения пружины), поэтому выходной сигнал сумматора имеет вид $F_n - F_{p,i}$. Данный выходной сигнал подается на фрикционную группу $ГФ$. Возмущающее воздействие f_i (коэффициент трения), поступающее на вход фрикционной группы, оказывает влияние на величину момента трения муфты; изменение момента трения приводит к соответствующему изменению

Отрицательная обратная связь создана на базе УУ с входным сигналом в виде mT_i (T_i — текущий вращающий момент АФМ) и выходным сигналом $F_{p,i}$, который называется управляющим воздействием. Сигнал $F_{p,i}$ поступает на вход сумматора $С$, имея знак, противоположный знаку задающего воздействия



входного сигнала УУ. Вследствие этого происходит изменение величины сигнала, поступающего на вход ГФ, что позволяет автоматически регулировать величину вращающего момента муфты.

Муфты с рассмотренной структурно-функциональной схемой относятся к АФМ 1-го поколения [4]. Кинематическая схема АФМ 1-го поколения (муфты инж. Н.Д. Вернера) показана на рис. 3. Муфта состоит

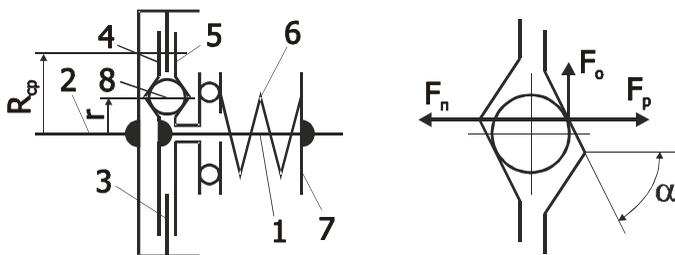


Рис. 3. Кинематическая схема АФМ 1-го поколения

из ведущей 1 и ведомой 2 полумуфт, которые устанавливаются на концах соединяемых валов. Фрикционный диск 3 соединен с полумуфтой 2 и располагается между упорным диском 4, закрепленным на полумуфте 1, и нажимным диском 5. В отличие от муфты с обычной точностью срабатывания (см. рис. 1), нажимной диск 5 установлен на полумуфте 1 свободно и имеет возможность поворачиваться относительно нее.

Силовое замыкание фрикционной группы 3–4–5 осуществляется пружиной 6, установленной с предварительным натяжением. Силу натяжения пружины можно изменять с помощью регулировочного элемента 7.

Управляющее устройство муфты состоит из тел качения 8, которые размещены с зазором в гнездах со скошенными под углом α стенками. Гнезда выполнены на обращенных друг к другу поверхностях упорного и нажимного дисков (см. рис. 3).

При пуске муфты часть вращающего момента от упорного диска 4 передается на фрикционный диск 3 за счет сил трения, затем на полумуфту 2. Поскольку номинальный вращающий момент, на передачу которого настроена муфта, больше, чем момент трения пары 3–4, произойдет проскальзывание тел этой пары относительно друг друга и тела качения 8 будут заклинены в



гнездах. После этого нажимной диск 5 также начинает передавать (через тела качения) вращающий момент на фрикционный диск 3.

Благодаря скосу стенок гнезд на телах качения возникает сила нормального давления, составляющими которой являются тангенциальная (окружная) сила F_o и осевая реакция F_p (управляющее воздействие). Вектор силы F_p направлен противоположно вектору силы натяжения пружины F_n (задающее воздействие), поэтому сила F_p ослабляет действие силы F_n на пары трения.

Муфта передает номинальный (расчетный) вращающий момент при величине коэффициента трения, равной среднему значению. В том случае, если в процессе эксплуатации произойдет случайное увеличение коэффициента трения, УУ муфты будет реагировать на это увеличение только в том случае, когда к ведомой полумуфте 2 будет приложен дополнительный вращающий момент того же знака, что и номинальный вращающий момент. При этом увеличивается вращающий момент муфты и, в частности, момент, который передает нажимной диск 5. Соответственно увеличиваются тангенциальная сила F_o и сила F_p , которые связаны между собой следующим соотношением:

$$F_p = F_t \operatorname{tg} \alpha .$$

Таким образом, при увеличении коэффициента трения возрастает и сила F_p , что приводит к уменьшению силы прижатия пар трения друг к другу. В этом заключается принцип действия отрицательной обратной связи и адаптивного регулирования вращающего момента.

Величина вращающего момента АФМ 1-го поколения определяется по формуле:

$$T_n = z F_n R_{cp} \frac{f_i}{1 + (z - 1) C f_i} , \quad (1)$$

где z — число пар трения фрикционной группы; R_{cp} — средний радиус контакта пар трения, определяемый по формуле:

$$R_{cp} = \frac{D_H^3 - D_B^3}{3(D_H^2 - D_B^2)} , \quad (2)$$



D_n — наружный диаметр фрикционного диска 3; D_b — внутренний диаметр диска 3; C — конструктивный параметр УУ, который называется коэффициентом усиления обратной связи и вычисляется по формуле:

$$C = \frac{R_{cp}}{r} \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

r — радиус окружности, на которой расположены тела качения 8;
 α — см. рис. 3.

Остальные обозначения приведены выше.

Из формулы (1) следует, что величины T_n и f_i связаны между собой нелинейной зависимостью, поэтому предельный вращающий момент АФМ будет увеличиваться медленнее, чем вращающий момент муфты обычной точности срабатывания.

Постоянное действие силы F_p в процессе работы приводит к необходимости увеличения силы пружины F_n , что, в свою очередь, вызывает увеличение массы АФМ.

АФМ 1-го поколения обладают ограниченной точностью срабатывания, которая не может быть существенно увеличена при сохранении традиционной структурно-функциональной схемы.

Для устранения указанного недостатка были созданы АФМ 2-го поколения [5]. Структурно-функциональная схема базового варианта АФМ 2-го поколения показана на рис. 4. Отличием ее является введение дополнительной фрикционной группы ГФ2, которая не охвачена отрицательной обратной связью и расположена между основной фрикционной группой ГФ1 и нажимным узлом УН. Поэтому на вход УУ подается комплексный сигнал, который содержит компоненту $T_2(t)$ (t – время), линейно зависящую от возмущающего воздействия $f_i(t)$. Благодаря этому при одинаковом изменении величины возмущающего воздействия управляющее воздействие $F_p(t)$ в АФМ 2-го поколения будет изменяться сильнее, чем в АФМ 1-го поколения. Кроме того, введение в схему фрикционной группы ГФ2 приводит к увеличению вращающего момента, который муфта передает без буксования при неизменной силе натяжения пружины F_n .

Особенностью АФМ 2-го поколения является то, что отрицательная обратная связь в них действует только в определенном



интервале величин коэффициента трения $f_j(t)$.

При достижении определенной величины последнего управляющего воздействия $F_p(t)$ становится равным силе натяжения пружины F_n . После этого АФМ будет передавать вращающий момент за счет фрикционной группы ГФ2, а отрицательная обратная связь автоматически преобразуется в положительную обратную связь. Последняя характеризуется тем, что на сумматор С будет поступать с выхода УУ сигнал того же знака, что и сигнал F_n .

Поэтому увеличение коэффициента трения в данном случае приведет к повышению силы прижатия пар трения ГФ2, что снизит точность срабатывания АФМ.

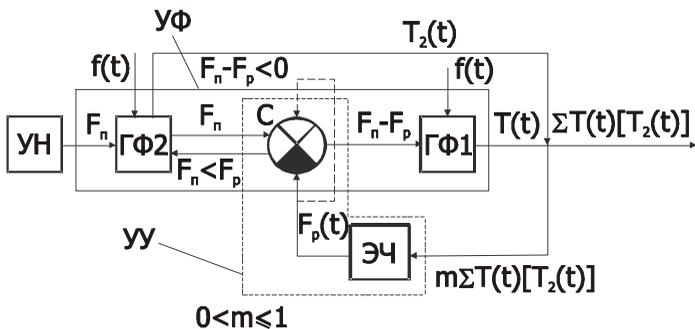


Рис. 4. Структурно-функциональная схема АФМ 2-го поколения

Кинематическая схема АФМ 2-го поколения показана на рис. 5. Обозначения узлов на схемах рис. 4 и рис. 5 соответствуют друг другу.

Величина предельного вращающего момента АФМ 2-го поколения определяется по формуле:

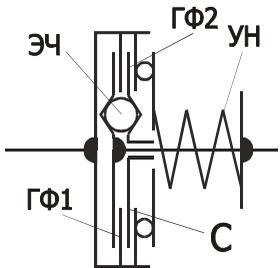


Рис. 5. Кинематическая схема АФМ 2-го поколения

$$T_n = F_n R_{cp} f_j \frac{z+1-Cf_j}{1+(z-1)Cf_j} \quad (4)$$

Все обозначения в формуле (4) приняты теми же, что и в формуле (1).

Точность срабатывания АФМ характеризуется коэффициентом точности, который вычисляется по формуле:



$$K_T = \frac{T_{п.маx}}{T_{п.миn}}, \quad (5)$$

где $T_{п.маx}, T_{п.миn}$ — соответственно максимальный и минимальный вращающие моменты, при которых может сработать АФМ.

Коэффициент точности является характеристикой надежности работы АФМ.

Особенностью АФМ 1-го и 2-го поколений является то, что коэффициент усиления обратной связи имеет ограничение по величине, которое записывается в следующей форме [5]

$$C \leq \frac{1}{f_{маx}}, \quad (6)$$

где $f_{маx}$ — максимальное значение, которое может принимать коэффициент трения для выбранного сочетания материалов пар трения в реальных условиях эксплуатации АФМ.

3. Порядок выполнения работы

Анализ надежности адаптивных систем управления на примере АФМ включает следующие действия.

3.1. В соответствии с данными варианта задания (см. приложение, с. 13, 14) определить по формуле (2) величину среднего радиуса пар трения муфт.

3.2. По формуле (3) рассчитать величину коэффициента усиления отрицательной обратной связи C .

3.3. По формуле (6) произвести проверку вычисленной величины C . Если она не удовлетворяет требуемому условию, необходимо уменьшить величину C в соответствии с формулой (6) за счет параметра α .

3.4. По формуле

$$T_{п} = zF_{п}R_{ср}f_i, \quad (7)$$

и по формулам (1) и (4) вычислить ряд значений $T_{п}$ в соответствии с конкретными величинами коэффициента трения f_i соответственно для муфты с обычной точностью срабатывания, АФМ 1-го поколения и АФМ 2-го поколения. Перед вычислениями произвести разбивку заданного интервала изменения коэффициента трения (см. приложение) на 4–5 равных отрезков.

3.5. По вычисленным значениям построить в осях координат $T_{п}-f_i$ графики функций (1), (4) и (7), используя данные варианта задания. Проанализировать форму графиков, крутизну кри-



вых на отдельных отрезках, нагрузочную способность муфт.

3.6. По формуле (5) определить величину коэффициентов точности муфт, приняв в качестве $T_{п. max}$ и $T_{п. min}$ величины вращающих моментов, соответствующие крайним точкам графиков.

3.7. Оценить точность срабатывания муфт по вычисленным значениям K_T , а также нагрузочную способность при значениях $f_j = f_{min}$, $f_j = f_{max}$ и любой промежуточной величине f_j .

3.8. Объяснить причину равенства вращающих моментов АФМ 1-го и 2-го поколений при $f_j = f_{max}$. Для этого вычислить величину вращающего момента АФМ 1-го поколения по формуле

$$T_{п} = F_{п} R_{cp} f_{max},$$

и сопоставить ее с величиной $T_{п}$, вычисленной по формуле (1) при значении $f_j = f_{max}$.

3.9. Изложить в письменной форме результаты анализа и представить работу на защиту, включив в нее произведенные расчеты, графики и выводы по работе.



ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко С.К., Киркач Н.Ф. Предохранительные муфты. — Киев: Гостехиздат УССР, 1962. — 122 с.
2. Есипенко Я.И. и др. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки / Я.И. Есипенко, А.З. Паламаренко, М.К. Афанасьев. — Киев: Техніка, 1972. — 168 с.
3. Тепинкичиев В.К. Предохранительные устройства от перегрузки станков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1968. — 112 с.
4. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. — Л.: Политехника, 1991. — 384 с.
5. Шишкарев М.П. Адаптивные фрикционные муфты. Исследование, конструкции и расчет. Науч. изд. — Ростов н/Д: Изд-во РГАСХМ, 2002. — 228 с.



ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий	Число пар трения z , шт.	Сила натяжения пружины $F_{\text{пр}}$, Н	Наружный диаметр фрикционного диска $D_{\text{вн}}$, м	Внутренний диаметр фрикционного диска $D_{\text{вн}}$, м	Радиус r , м	жесткости ружности расположения тел	Угол скоса гнезда α , град	Интервал изменения величины коэффициента трения $f_{\text{мин}} \dots f_{\text{мак}}$
1	4	350	0,4	0,2	0,03	34	0,1...0,8	
2	2	600	0,5	0,24	0,04	38	0,08...0,6	
3	6	250	0,34	0,18	0,03	40	0,12...0,76	
4	2	500	0,45	0,22	0,035	36	0,1...0,7	
5	4	400	0,35	0,19	0,03	45	0,14...0,9	
6	8	200	0,32	0,16	0,025	32	0,11...0,85	
7	6	300	0,38	0,2	0,04	42	0,1...0,65	
8	4	450	0,34	0,17	0,028	39	0,12...0,82	
9	2	800	0,5	0,25	0,036	41	0,13...0,88	
10	8	300	0,36	0,2	0,035	44	0,09...0,7	
11	6	280	0,36	0,18	0,028	35	0,12...0,84	
12	2	490	0,48	0,24	0,03	41	0,09...0,79	
13	4	370	0,42	0,20	0,03	39	0,11...0,8	
14	8	250	0,30	0,17	0,025	40	0,14...0,88	
15	4	340	0,44	0,21	0,029	38	0,13...0,83	
16	4	840	0,35	0,17	0,025	44	0,11...0,77	
17	6	630	0,37	0,19	0,032	42	0,09...0,81	
18	2	990	0,46	0,24	0,038	40	0,13...0,79	
19	8	390	0,42	0,22	0,033	43	0,1...0,87	
20	6	470	0,38	0,20	0,031	45	0,12...0,88	
21	4	410	0,36	0,18	0,029	41	0,08...0,78	
22	2	940	0,44	0,26	0,034	39	0,09...0,79	
23	8	720	0,40	0,22	0,030	40	0,14...0,87	
24	6	780	0,39	0,21	0,028	42	0,11...0,82	
25	6	260	0,33	0,18	0,028	37	0,1...0,77	
26	8	280	0,31	0,165	0,022	43	0,08...0,76	
27	2	510	0,52	0,31	0,036	45	0,09...0,73	
28	6	340	0,35	0,19	0,028	42	0,1...0,83	
29	4	390	0,39	0,20	0,03	44	0,11...0,89	
30	8	230	0,39	0,19	0,032	39	0,11...0,78	
31	2	480	0,53	0,28	0,036	44	0,13...0,81	
32	6	280	0,34	0,17	0,03	41	0,09...0,83	
33	4	370	0,45	0,22	0,028	36	0,1...0,8	
34	6	260	0,31	0,15	0,028	38	0,12...0,92	
35	2	520	0,51	0,29	0,038	45	0,09...0,77	



36	8	240	0,37	0,18	0,03	37	0,11...0,83
37	4	330	0,47	0,23	0,031	35	0,1...0,72
38	6	300	0,35	0,16	0,029	42	0,1...0,86
39	8	260	0,38	0,20	0,03	43	0,08...0,74
40	2	830	0,36	0,18	0,027	42	0,15...0,85
41	4	910	0,39	0,23	0,031	40	0,12...0,78
42	6	660	0,33	0,17	0,028	43	0,10...0,89
43	8	520	0,37	0,19	0,029	46	0,08...0,82
44	6	630	0,41	0,25	0,032	48	0,11...0,80
45	8	480	0,40	0,24	0,027	44	0,07...0,83
46	4	740	0,36	0,18	0,030	39	0,09...0,86
47	2	980	0,43	0,28	0,033	37	0,13...0,77
48	4	700	0,35	0,19	0,028	42	0,10...0,78