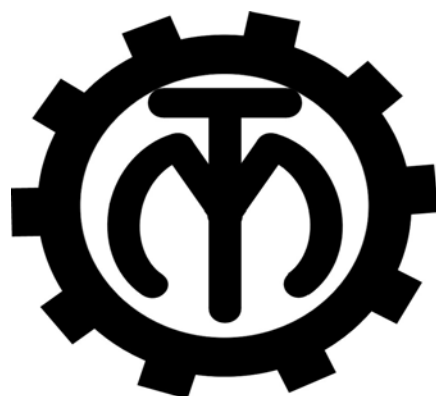


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 658.012.011.56
ББК 30.606
К65

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «31» августа 2023 г.,
протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков;
канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина;
ст. преподаватель М. А. Рабыко

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Изложены методические рекомендации к выполнению практических работ по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение гибких производственных систем» для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» очной формы обучения.

Учебное издание

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Инструкция по охране труда при проведении практических занятий.....	4
1 Практическая работа № 1. Последовательность разработки проекта ГП	6
2 Практическая работа № 2. Техничко-экономическая оценка проекта ГАП. Основные положения общего подхода	20
Список литературы	37

Инструкция по охране труда при проведении практических работ

Общие требования безопасности

1 Допуск студентов к практическим занятиям производится только после инструктажа по технике безопасности, о чем делается соответствующая запись в специальном журнале. Получивший инструктаж подтверждает его прохождение подписью.

2 При проведении практических работ необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

3 Студентам следует быть внимательными и дисциплинированными, точно выполнять указания преподавателя.

4 Пребывание студентов в аудитории разрешается только в присутствии преподавателя.

Требования безопасности перед началом работы

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения практической работы, а также безопасные приемы ее выполнения.

2 В случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправном оборудовании запрещается).

3 Перед каждым включением оборудования предварительно убедиться, что его пуск безопасен.

Требования безопасности во время работы

1 Точно выполнять все указания преподавателя при проведении практической работы, без его разрешения не производить самостоятельно никаких работ.

2 Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам электрической цепи, к корпусам стационарного электрооборудования, не производить переключений в цепях до отключения источника тока.

3 Постоянно наблюдать за работой оборудования в процессе работы.

4 Запрещается во время работы оборудования снимать ограждения и предохранительные устройства, а также держать их открытыми. Во время работы не касаться руками вращающихся и перемещающихся частей установок, не вводить руки в зону движения.

5 Все подготовительные работы на оборудовании проводить в их обесточенном состоянии или в режиме «Наладка».

6 При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении

искрения, запаха горелой изоляции и т. д. немедленно отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю.

Требования безопасности по окончании работы

- 1 Полностью выключить оборудование.
- 2 Привести в порядок рабочее место.
- 3 Предупредить преподавателя обо всех, даже малейших и незначительных, неисправностях оборудования.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

- 1 В случае травмирования кого-либо немедленно доложить преподавателю.
- 2 При выходе оборудования из строя (нет освещения, возгорание токопроводов, поломка механических деталей) необходимо произвести следующие действия.
 - 2.1 Отключить оборудование соответствующим тумблером (обесточить).
 - 2.2 Вынуть вилку из штепсельной розетки.
 - 2.3 Доложить преподавателю о случившемся, а в случае возгорания приступить к немедленной его ликвидации первичными средствами пожаротушения.

1 Практическая работа № 1. Последовательность разработки проекта ГП

Цель работы: приобретение практических навыков разработки проекта гибких производственных систем.

1.1 Общие теоретические сведения

Для современного механосборочного производства характерен высокий уровень автоматизации производственных процессов, поэтому технологическое оборудование должно обеспечивать не только автоматизацию обработки или сборки, но и стыковаться с оборудованием и техническими средствами, объединяющими отдельные виды технологического оборудования в единый автоматизированный производственный процесс.

Так, например, станки с ЧПУ для встраивания в состав ГПС должны стыковаться с промышленными роботами для их автоматической загрузки, системы ЧПУ должны иметь вход для стыковки с ЭВМ высшего уровня и для передачи в их запоминающее устройство заранее разработанных управляющих программ, иметь системы диагностики и т. д.

Характер и состав технологического оборудования во многом определяется типом производства.

Определение количества и выбор типов оборудования, необходимого для выполнения заданной производственной программы, является основным и наиболее ответственным вопросом при расчете цеха. Неправильно подсчитанное количество или неправильно подобранное по типам оборудование влечет за собой излишек или недостаток, а также некомплектность его. При излишке оборудования происходит неполное его использование, преувеличенные и непроизводительные затраты на его приобретение, установку и содержание, увеличение площади, требующейся для его размещения. При недостатке оборудования отсутствует возможность выполнять производственное задание. Неизбежная при этом необходимость дополнить станочный парк вызывает большие затруднения вследствие ограниченности площади, а также затруднения с расстановкой, обусловленной последовательностью выполнения технологических операций. Даже возможное увеличение площади цеха вызывает необходимость перепланировки оборудования.

Правильно подсчитанное количество станков должно одновременно предусматривать его комплектность. Если станочный парк скомплектован так, что отдельные группы станков не обладают соответственной пропускной способностью, то цех не может выпускать заданное количество готовой продукции, т. к. отдельные стадии обработки будут запаздывать. При неправильном подборе станков по типам и размерам для некоторых операций может не оказаться подходящих станков.

При изучении данной темы необходимо овладеть методикой расчета количества основного технологического оборудования и рабочих мест для поточного и непоточного производства; укрупненные способы определения количества основного технологического оборудования.

Расчет количества основного технологического оборудования для поточного производства. Число станков непрерывно-поточной линии определяют для каждой операции (в автоматической линии – для каждой позиции) изготовления. При этом определяют расчетное значение числа станков по формуле

$$C'_p = \frac{t_{ш}}{\tau}, \quad (1.1)$$

где $t_{ш}$ – штучное время (станкочас) выполнения операции, мин;
 τ – такт выпуска деталей или изделий с линии, мин.

$$\tau = \frac{\Phi_o \cdot 60}{N}, \quad (1.2)$$

где Φ_o – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;
 N – годовая программа выпуска, шт.

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования определяется исходя из количества рабочих дней в году и сменности работы по формуле

$$\Phi_o = D_p \cdot C \cdot 8, \quad (1.3)$$

где D_p – количество рабочих дней в году, дн.;
 C – число смен;
 8 – продолжительность рабочей смены, ч.

При двухсменной работе и количестве рабочих дней 254 эффективный годовой фонд времени работы оборудования составит $\Phi_o = 254 \cdot 2 \cdot 8 = 4\,064$ ч.

Полученное значение C'_p округляют до ближайшего большего целого числа, получая при этом расчетное число станков C_p для данной операции.

После этого определяют коэффициент загрузки станков на данной операции, который равен отношению фактического времени работы станка к эффективному фонду времени:

$$K_z = \frac{t_{ш}}{\tau \cdot C_p} \text{ или } K_z = \frac{C'_p}{C_p}. \quad (1.4)$$

Практика работы поточных линий показала, что на производительность линии большое влияние оказывают наложенные потери, вызванные остановкой смежного оборудования, отсутствием заготовок в связи с различного рода перебоями в снабжении и другими причинами. Эти потери наиболее ощутимы на операциях с высоким коэффициентом загрузки, т. к. приведенная методика определения числа станков не учитывает указанные виды потерь.

Наложенные потери времени учитывают, вводя коэффициент использования оборудования K_u , представляющий собой отношение расчетного числа единиц оборудования, необходимого для обеспечения программы выпуска изделий, к принятому. Поэтому принятое число станков на данной операции определяют по формуле

$$C_n = \frac{C_p}{K_u}. \quad (1.5)$$

В таблице 1 даны рекомендуемые значения коэффициентов загрузки и использования для отдельных станков и групп оборудования, при этом следует иметь в виду, что в тех случаях, когда коэффициент загрузки по расчету получается меньше рекомендованных значений, в качестве принятого берут расчетное число станков и коэффициент использования принимают равным единице. Надо иметь также в виду, что K_z никогда не может быть больше единицы. В тех случаях, когда число станков превышает целое число не более чем на 0,05...0,1, следует пересмотреть содержание данной операции в отношении изменения режима резания, структуры операции, применяемых инструментальных материалов и оснастки с целью повышения производительности обработки.

Таблица 1 – Допустимые значения коэффициентов загрузки и использования оборудования

Группа оборудования	Коэффициент загрузки оборудования K_z		Коэффициент использования оборудования K_u
	максимальный	средний по группе	
1	2	3	4
Универсальные станки	0,95...1,0	0,8	0,9
Автоматы и полуавтоматы	0,95...1,0	0,85	0,85
одношпиндельные			
То же многошпиндельные	0,90	0,90	0,8
Специальные и агрегатные ст.	0,90	0,90	0,8
Автоматические линии с жесткими связями	0,95...1,0	0,9	0,75
Станки с ЧПУ	0,95	0,9	0,85

Пример решения задачи – Определите число станков для операций токарной обработки и зубофрезерования поточной линии обработки зубчатого колеса. Такт линии $\tau = 2$ мин; $t_{ш.ток} = 1,75$ мин; $t_{ш.фр} = 9,8$ мин. Обработка выполняется на одношпиндельных полуавтоматах.

Число станков для токарной операции $C'_{р.ток} = 1,75/2 = 0,85$, следовательно, расчетное число станков $C_p = 1$, коэффициент загрузки $K_{з.ток} = 0,85$, что не превышает максимально допустимого значения по таблице. Поэтому $C_{н.ток} = 1$. Число станков для зубофрезерования $C'_{р.фр} = 9,8/2 = 4,9$, следовательно, расчетное число зубофрезерных станков $C_{р.фр} = 5$, коэффициент загрузки $K_{з.фр} = 0,98$, что превышает максимально допустимое значение. В этом случае принятое число станков $C_{н.фр} = C_{р.фр}/K_u = 5/0,85 \approx 6$ станков.

Укрупненный способ расчета количества оборудования. Укрупненный способ расчета количества оборудования по технико-экономическим показателям применяется при проектировании цехов единичного и мелкосерийного производства с большой, точно не выявленной номенклатурой, а также при технико-экономическом обосновании проекта. В этом случае для расчетов используются укрупненные данные о трудоемкости изготовления изделия. Например, для технического обоснования реконструкции цеха используются заводские данные о трудоемкости обработки аналогичных изделий, скорректированные с учетом планируемых объемов производства и использования нового оборудования и технологии.

При укрупненном проектировании используют опыт передовых заводов. В качестве технико-экономических показателей при расчете механических цехов используют либо объем выпуска с одного станка основного производства при работе в одну смену и при стопроцентной загрузке, либо станкоемкость. Объем выпуска может выражаться в штуках, тоннах или тысячах рублей продукции, а станкоемкость – в станко-часах, необходимых для изготовления одного изделия (комплекта, узла), 1 т изделий или изготовления изделий стоимостью 1 р.

Общее количество станков в этом случае определяется по суммарной (трудоемкости) станкоемкости изготовления годовой программы выпускаемых изделий:

$$C'_p = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi_o \cdot K_z}, \quad (1.6)$$

где T_{Σ} – суммарная станкоемкость выпуска изделий, человеко-часов;
 Φ_o – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч;
 K_z – коэффициент загрузки.

Затем определяют количество станков каждого вида:

$$C'_{р.А_i} = C'_p \frac{A_i}{100}, \quad (1.7)$$

где A_i – процент станков данного вида от общего количества станков в цехе.

Процентный состав оборудования для некоторых отраслей машиностроения приведен в таблице 2.

Полученное расчетное количество станков $C'_{p.A_i}$ округляют до ближайшего большего целого числа $C_{p.A_i}$ и окончательно определяют общее количество станков в цехе $C_{np} = \sum C_{p.A_i}$.

Таблица 2 – Процентный состав основного технологического оборудования

Тип станков	Процентный состав оборудования механических цехов			
	Приборо- строение	Станко- строение	Автомобиле- строение	Тяжелое машиностроение
Токарные, токарно- револьверные	28	23	25	23
Расточные	10	3	2	35
Сверлильные	15	10	21	17
Агрегатные	5	3	10	–
Строгальные, долбежные	1	4	–	5
Фрезерные	15	15	7	7
Протяжные	–	1	3	2
Зубообрабатывающие	8	6	9	1
Шлифовальные и хонинговальные	10	12	11	1
Специальные автоматы и полуавтоматы	5	10	11	7

Кроме основного оборудования, в состав цеха входит дополнительное оборудование (прессы, установки для закалки ТВЧ, контрольные стенды и др.), количество которого определяется в процентах от основного технологического оборудования и составляет от 5 % до 30 %. Тогда общее число технологического оборудования цеха $C_{общ} = (1,05...1,3)C_{np}$.

Пример решения задачи – Используя укрупненный метод расчета, определите, сколько станков основного производства потребуется для изготовления изделий в количестве 10000 шт. в год при двухсменной работе, если трудоемкость механической обработки комплекта деталей данного изделия составляет 15 чел.-ч. Коэффициент загрузки принять равным 0,85.

Суммарная трудоемкость обработки изделий равна $15 \cdot 10000 = 150000$ чел.-ч. Эффективный годовой фонд времени работы станочного оборудования при двухсменной работе составляет 4060 ч. Тогда количество станков основного производства, необходимых для выпуска данного изделия, равно $\frac{150000}{4060 \cdot 0,85} = 43,5 \approx 44$.

1.2 Определение общей и производственной площади цеха, участка

Важным этапом при технологическом проектировании автоматизированных участков и цехов является выбор принципа их формирования, который, в свою очередь, зависит от сложности выпускаемой продукции, программы выпуска и режима работы производства. Существуют три принципа формирования производственных участков и цехов, определяющих форму организации производства: линейный, предметный и технологический.

При поточной форме организации производства используют линейный принцип, характеризующийся строго определенной последовательностью выполнения операций технологического процесса в каждый момент времени. Чаще всего этот принцип реализуется в виде автоматических поточных линий.

С повышением номенклатуры изготавливаемых изделий становится целесообразным использовать общность технологических маршрутов и формировать производственные подразделения, используя предметный принцип. Применительно к формированию цехов – это создание механосборочных предметно-специализированных производства (например, цеха двигателей, шасси и т. п.), где сосредоточивается все оборудование, которое необходимо для полного изготовления сборочной единицы.

При значительной номенклатуре изготавливаемых изделий эффективен технологический принцип формирования производственных подразделений, характеризующийся выполнением однотипных операций технологического процесса и использованием однотипного технологического оборудования. Применительно к созданию цехов этот принцип реализуется путем формирования специально механических и сборочных цехов, а участки создают в зависимости от вида выполняемой операции (например, участок токарный, фрезерный и т. п.). К преимуществам данного принципа можно отнести единство системы управления для всех сборочных или механообрабатывающих работ, единый уровень требований к качеству деталей и выполнения сборочных работ, упрощение структуры управления на участке благодаря специализации работ.

Проектирование является итерационным процессом, при котором на каждом шаге проектирования ввиду недостатка информации вначале принимают приближенное решение, а затем по мере детальной проработки принятое решение уточняют. Так, после синтеза структуры цеха, т. е. после определения состава его участков, принимают решение о взаимном размещении этих

участков. Выбор вариантов размещения участков определяет компоновочную схему цеха.

Размещение участков внутри цеха обуславливается взаимным размещением механических и сборочных цехов. Последнее, в свою очередь, определяется принятой организационной формой механосборочного производства.

При изучении данной темы учащиеся должны познакомиться с возможным расположением производственных участков цеха.

Компоновочные схемы механосборочных цехов.

1.3 Проектирование функциональных технических систем обеспечения машиностроительного производства

Складская система предназначена для обеспечения своевременного снабжения технологического оборудования полуфабрикатами в подготовленном для транспортирования виде и хранения готовых изделий.

Производственный процесс начинается и заканчивается на складах, причем склад выполняет роль демпфирующего элемента при нестабильных дискретных входных и выходных грузопотоках. На складах происходит преобразование грузопотоков с целью обеспечения запланированного хода производства. Количественные, геометрические и временные параметры входящих и выходящих грузопотоков на склад могут быть детерминированными, что характерно для поточного производства, или могут носить случайный характер, типичный для непоточного производства.

Характерным для непоточного производства является значительная длительность складирования, которая достигает 70 %...90 % от всего цикла производства. Это объясняется необходимостью создания запасов полуфабрикатов в производстве с целью компенсации неравномерности и дискретности поступления полуфабрикатов в цех, колебаний станкоемкости выполнения операций производственного процесса, отказов оборудования, режущего инструмента и других случайных факторов.

Таким образом, цель создания и функционирования складской системы заключается в том, чтобы принимать с транспортной системы грузопоток с одними параметрами, перерабатывать и выдавать его опять на транспортную систему с другими параметрами и выполнять это преобразование с минимальными приведенными затратами с условием обеспечения сохранения качества.

При изучении данной темы учащиеся должны изучить принципы построения и структуру автоматизированной складской системы; классификацию автоматических складов по типам оборудования; компоновочно-планировочные решения складской системы.

В механосборочном цехе выполняют различные транспортно-загрузочные операции: загрузку полуфабрикатов, заготовок, инструмента, приспособлений и изделий для хранения на склад и их выгрузку по требованию; перемещение этих предметов со складов к рабочим местам и обратно, а также межоперационные

перемещения заготовок между станками. Эти операции осуществляются с помощью транспортных систем (ТС).

Автоматическая транспортная система – совокупность взаимосвязанных автоматически действующих средств для транспортирования предметов в системе автоматически работающих станков.

Автоматизированная транспортная система отличается от автоматической тем, что транспортно-загрузочные операции автоматизированы частично. Такие системы используют в поточных АЛ. Комплексная автоматизация транспортно-загрузочных операций позволяет транспортные процессы осуществлять почти непрерывно. Основой для проектирования транспортной системы является схема материальных потоков цеха и участков, которая должна быть составлена с учетом обеспечения мощности грузопотоков. Грузовые потоки цеха представляют собой определенную схему движения предметов труда в соответствии с последовательностью производственного процесса.

При изучении данной темы учащиеся должны изучить классификацию транспортных систем: в зависимости от транспортируемых грузов, по организационно-техническим требованиям для потоков; транспортные системы автоматических линий; транспортные системы ГПС; структуру транспортной системы.

Технологические возможности оборудования во многом зависят от системы инструментального обеспечения (СИО). Структурно-компоновочное решение СИО влияет на выбор компоновки поточных АЛ и ГПС и их технико-экономические показатели. Способы формирования и реализации потоков инструмента, а также управления ими отражаются на текущих материальных затратах и производительности технологической системы. Уровень автоматизации потока инструмента определяет численность технического персонала, обслуживающего СИО.

1.4 Проектирование системы охраны труда работающих

При эксплуатации оборудования автоматизированного производства важной задачей является обеспечение нормальных условий работы обслуживающего персонала. При выполнении производственных процессов на персонал воздействуют различные факторы. Опасным считается такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья, а вредным – фактор, приводящий к заболеванию или снижению работоспособности. Воздействие на работающего опасного фактора при выполнении им трудовых обязанностей называют несчастным случаем на производстве.

Мероприятия по охране труда начинают разрабатывать уже на стадии проектирования как производственных зданий и сооружений, так и оборудования. Ни один автоматический (автоматизированный) участок или цех не могут быть приняты в эксплуатацию, если не обеспечены здоровые и безопасные условия труда.

На каждом предприятии создается служба охраны труда, подчиненная главному инженеру. Он несет полную ответственность за безопасность при выполнении производственных процессов и осуществляет контроль за всеми мероприятиями по оздоровлению условий труда. Всю практическую работу, обеспечивающую безопасные условия работы в подразделениях предприятия, организуют начальники цехов, участков, смен, а также мастера. Безопасные условия труда на рабочих местах обеспечивает мастер.

Безопасность работы обслуживающего персонала автоматизированных и автоматических цехов обеспечивается различными средствами путем их рационального размещения. К ним относятся защитные и предохранительные устройства станков, ПР, транспортирующих и загрузочных устройств, сигнализация, системы отвода и транспортирования стружки, системы электрической и пожарной безопасности и др. Безопасность работы также обеспечивается рациональной планировкой оборудования, размещением режущего и вспомогательного инструмента, приспособлений.

1.5 Компоновочно-планировочные решения при проектировании участков и цехов. Принципы выбора компоновочной схемы производственного здания

Расположение станков на участках и линиях механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами.

Относительно прост выбор варианта расположения станков непрерывно- и переменного-поточных линий. Здесь последовательность размещения оборудования практически однозначно определяется последовательностью выполнения операций технологического процесса. Задача рационального размещения оборудования сводится к выбору варианта размещения станков относительно транспортного средства, числа рядов станков и общей конфигурации поточной (автоматической) линии.

Относительно транспортного средства возможны варианты продольного, поперечного, углового и кольцевого размещения станков.

В зависимости от длины технологического потока и длины станочного участка применяют однорядное и многорядное размещение станков.

Значительно сложнее выбрать оптимальный вариант размещения станков для поддетально-специализированных участков серийного производства. На этих линиях можно одновременно изготавливать партии разных деталей, поэтому вариант размещения влияет на транспортные расходы, себестоимость продукции и капитальные вложения, на непрерывность и ритмичность производства.

Возможны три различных варианта расположения станков на предметно-замкнутых (поддетально-специализированных) участках: точечный, при котором отсутствуют межоперационные связи между станками; рядный, при котором оборудование размещено в линейной последовательности, соответствующей ходу

технологического процесса характерной детали; гнездовой, при котором станки размещают группами в зависимости от межоперационных связей между ними.

Выбор рациональной планировки участков и линий ГПС имеет много общего в подходе, принципах размещения станочных модулей и критериях оптимальности, рассмотренных выше.

В большинстве существующих ГПС используется линейный принцип размещения ГПМ. При небольшом числе станков их размещают в один ряд, при числе более четырёх – в два ряда. Компоновка ГПС также может быть замкнутой или П-образной.

Во многом размещение ГПМ в ГПС определяется типом автоматизированной транспортно-складской системы, с помощью которой регулируют потоки заготовок, инструментов, приспособлений, тары и деталей. В зависимости от вида применяемой транспортно-складской системы могут быть три различные схемы планировок ГПС: планировка с централизованным складом; планировка со складом-накопителем в составе транспортной системы; планировка с перемещением деталей транспортным средством в составе склада.

1.6 Особенности компоновки автоматизированных участков, цехов и оборудования ГПС

Важным этапом при технологическом проектировании автоматизированных участков и цехов является выбор принципа их формирования, который, в свою очередь, зависит от сложности выпускаемой продукции, программы выпуска и режима работы производства. Существуют три принципа формирования производственных участков и цехов, определяющих форму организации производства: линейный, предметный и технологический.

При поточной форме организации производства используют линейный принцип, характеризующийся строго определенной последовательностью выполнения операций технологического процесса в каждый момент времени. Чаще всего этот принцип реализуется в виде автоматических поточных линий.

С повышением номенклатуры изготавливаемых изделий становится целесообразным использовать общность технологических маршрутов и формировать производственные подразделения, используя предметный принцип. Применительно к формированию цехов – это создание механосборочных предметно-специализированных производства (например, цеха двигателей, шасси и т. п.), где сосредоточивается все оборудование, которое необходимо для полного изготовления сборочной единицы. Формирование участков по этому принципу производится в зависимости от конструктивного вида изделий, например, участок корпусных деталей, участок валов и т. п. Основным преимуществом данного принципа является повышенная ответственность за выпуск качественной продукции, короткие материальные потоки и упрощается структура управления производством.

При значительной номенклатуре изготавливаемых изделий эффективен технологический принцип формирования производственных подразделений, характеризующийся выполнением однотипных операций технологического процесса и использованием однотипного технологического оборудования. Применительно к созданию цехов этот принцип реализуется путем формирования специально механических и сборочных цехов, а участки создают в зависимости от вида выполняемой операции (например, участок токарный, фрезерный и т. п.). К преимуществам данного принципа можно отнести единство системы управления для всех сборочных или механообрабатывающих работ, единый уровень требований к качеству деталей и выполнения сборочных работ, упрощение структуры управления на участке благодаря специализации работ.

Выбор принципа формирования участков и цехов оказывает большое влияние на синтез структуры производственной системы, т. е. обоснованное определение ее состава. При формировании структуры автоматизированных участков и цехов следует учитывать и ряд ограничений, например, по виду обрабатываемого материала на участке, который накладывает определенные ограничения по сбору и переработке стружки, по совместимости технологического оборудования и т. п.

1.7 Основные строительные параметры и конструктивные элементы производственных зданий

При изучении данной темы учащиеся должны познакомиться с основными принципами и примерами компоновочных решений цехов механосборочного производства.

Также необходимо изучить требования, предъявляемые к планировкам участка или цеха.

Основным принципом при разработке плана расположения оборудования является обеспечение прямооточности движения деталей в процессе их обработки, т. е. увязка планировки с технологическим процессом, а также установление оптимальных расстояний между станками, и между станками и смежными с ними элементами зданий согласно действующим нормам технологического проектирования.

Основные этапы разработки планировок.

1.8 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Получить задание у преподавателя и провести необходимые расчеты.
- 3 Выводы по работе.

1.9 Варианты заданий

Вариант 1.

Спроектировать ГПС механической обработки, представляющую собой два основных комплекса – производственный и управляюще-вычислительный.

Производственный комплекс обеспечивает обработку деталей и включает следующие системы: станочную (СС), автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС), автоматизированную систему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную схему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУТП), систему автоматизированного проектирования (САПР).

Управляюще-вычислительный комплекс обеспечивает функционирование всех систем ГПС и базируется на ЭВМ различного уровня.

Исходные данные.

1 Станочная система представлена следующими станками:

станок модели ИРТ180ПМФ4 (рисунок 1.1) – 2 шт.;

станок модели 16K20Ф3 – 2 шт.

2 Робот напольный, обслуживающий одновременно два станка модели 16K20Ф3.

3 Штабелер.

4 Рольганговый конвейер для подачи паллет с заготовками.

5 Конвейер для подачи и выгрузки контейнера под стружку.

6 Устройство приема-выдачи инструментальных комплектов.

7 Устройство приема-выдачи заготовок-деталей.

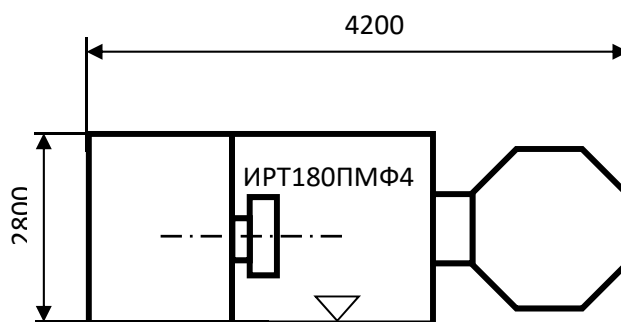


Рисунок 1.1 – Токарный многоцелевой станок мод. ИРТ180ПМФ4

Вариант 2.

Спроектировать ГПС механической обработки, представляющую собой два основных комплекса – производственный и управляюще-вычислительный.

Производственный комплекс обеспечивает обработку деталей и включает следующие системы: станочную (СС), автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС), автоматизированную систему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и

диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную схему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУТП), систему автоматизированного проектирования (САПР).

Управляюще-вычислительный комплекс обеспечивает функционирование всех систем ГПС и базируется на ЭВМ различного уровня.

Исходные данные.

- 1 Станочная система представлена следующими станками:
– станок модели ИРТ180ПМФ4. – 4 шт. (расположены в линию).
- 2 Робот напольный – 4 шт.
- 3 Штабелер.
- 4 Рольганговый конвейер для подачи паллет с заготовками.
- 5 Конвейер для подачи и выгрузки контейнера под стружку.
- 6 Устройство приема-выдачи инструментальных комплектов.
- 7 Устройство приема-выдачи заготовок-деталей.

Вариант 3.

Спроектировать ГПС механической обработки, представляющую собой два основных комплекса – производственный и управляюще-вычислительный.

Производственный комплекс обеспечивает обработку деталей и включает следующие системы: станочную (СС), автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС), автоматизированную систему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную схему инструментообеспечения (АСИО), автоматизированную систему контроля и диагностики (АСКИД), автоматизированную систему удаления отходов (АСУО), автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУТП), систему автоматизированного проектирования (САПР).

Управляюще-вычислительный комплекс обеспечивает функционирование всех систем ГПС и базируется на ЭВМ различного уровня.

Исходные данные

- 1 Станок модели ИР500ПМФ4 (рисунок 1.2).
- 2 Станок модели ИР3200ПМФ4 (рисунок 1.3) – 4 шт.
- 3 Робот транспортный.
- 4 Штабелер.
- 5 Станочный накопитель.
- 6 Позиция загрузки заготовок на спутник и выгрузки.
- 7 Склад.

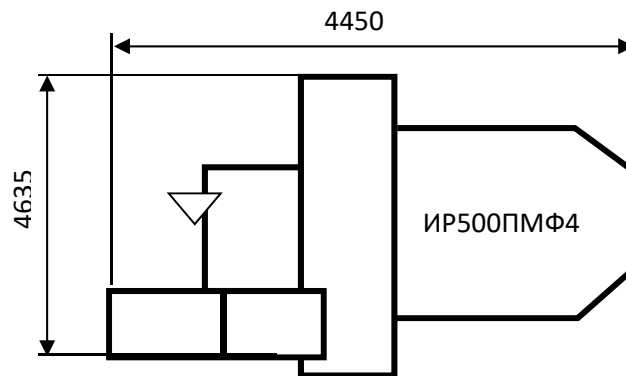


Рисунок 1.2 – Многоцелевой горизонтальный станок мод. IP500ПМФ4

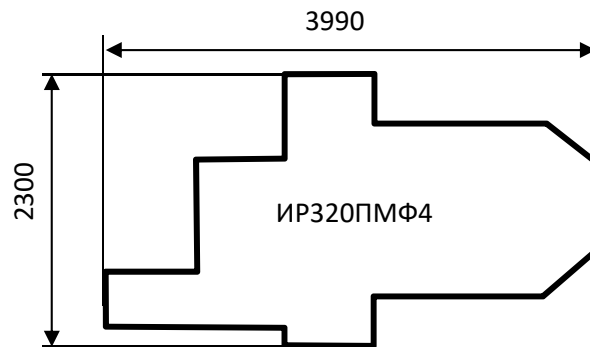


Рисунок 1.3 – Многоцелевой горизонтальный станок мод. IP320ПМФ4

Контрольные вопросы

- 1 Назовите типы производства, дайте им характеристику.
- 2 Сформулируйте основные требования к технологическому оборудованию механосборочных цехов. Что является критерием выбора состава оборудования?
- 3 Что такое трудоемкость и станкоемкость обработки, как связаны между собой эти величины?
- 4 Как определяется число станков и рабочих мест при детальном проектировании участков и цехов поточного и непоточного производства?
- 5 Что такое коэффициенты загрузки и использования оборудования?
- 6 Как определить число оборудования и рабочих мест при укрупненных методах расчета?
- 7 В чем заключаются преимущества подетальной и предметной форм специализации участков цеха по сравнению с технологической?
- 8 Какова методика формирования структуры производственных подразделений цеха в условиях серийного производства?

9 Назовите основные варианты размещения производственных участков механосборочного производства, их достоинства и недостатки, условия применения.

10 По каким признакам классифицируют склады?

11 В каких случаях необходимо предусматривать в составе механосборочного производства склады?

12 Как определить площадь склада при укрупненных методах расчета, при детальном проектировании?

13 Приведите классификацию грузов и транспортных систем.

14 С учетом каких параметров производится расчет количества транспортных средств?

15 Что относится к основному и вспомогательному транспортному оборудованию?

16 Назовите функции, выполняемые системой инструментообеспечения.

17 Дайте структуру системы инструментообеспечения цеха.

18 Как рассчитать площадь для хранения режущих инструментов?

19 Где и как целесообразно располагать подразделения системы инструментообеспечения?

20 Какие задачи возлагаются на цеховую ремонтную базу, отделение по ремонту электрооборудования?

21 Как определить площадь ремонтной базы?

22 Какие способы транспортирования и удаления стружки применяют в механических цехах?

23 Какие способы снабжения станков охлаждающими жидкостями применяют в механических цехах?

24 Как обеспечивается снабжение станков и рабочих мест сборки сжатым воздухом?

25 Как обеспечивается микроклимат и чистота воздуха в цехе?

26 Назовите структуру системы охраны труда.

27 Какие вы знаете средства для обеспечения безопасной работы обслуживающего персонала?

28 Перечислите основные принципы размещения помещений и средств для охраны труда.

2 Практическая работа № 2. Техничко-экономическая оценка проекта ГАП. Основные положения общего подхода

Цель работы: приобретение практических навыков технико-экономической оценки проекта ГАП.

2.1 Общие теоретические сведения

Для определения целесообразности создания ГАП необходимо обследовать предприятие. Материалы обследования используются при разработке технико-

экономического обоснования создания ГАП на предприятии, технического задания и исходных требований на проектирование ГАП, для формирования планов повышения технического уровня и технического перевооружения. Результаты обследования оформляются в виде заключения.

1 В ходе *анализа производственного процесса* уточняются действующая программа выпуска продукции и программа на перспективу. Выявляется периодичность и степень обновляемости (конструктивные изменения) изделий.

2 После уточнения программы выпуска проводится *анализ конструктивных характеристик продукции*: габаритных размеров, точности, шероховатости поверхности, применяемых материалов. На основе анализа конструктивных характеристик изделий (деталей) или по действующим классификаторам *детали группируют в конструктивно и технологически однородные группы* по таким разделам, как тела вращения, корпусные детали, плоскостные детали и т. д. В каждой группе выбирается *типовой представитель*.

3 По каждому типовому представителю, включенному в приведенную программу, для всех видов работ проводится *подробный анализ технологического процесса*.

В результате анализа определяются и включаются в пояснительную записку к заключению следующие данные: состав и последовательность операций и переходов, режимы и общая трудоемкость обработки; состав нормы обработки по элементам, включая основное, вспомогательное и подготовительно-заключительное время, приведенное к одной детали; разряд работы по каждой операции; состав вспомогательного времени по элементам; машинное время; время транспортировки от склада к станку и обратное указанием средств и исполнителя операции; трудоемкость контрольных операций; номенклатура и характеристика применяемых приспособлений; годовые затраты на эксплуатацию; модели оборудования, количество единиц, возрастной состав; технологическая планировка оборудования (план размещения оборудования); коэффициенты сменности и загрузки оборудования.

Данные по трудоемкости, оборудованию и инструменту также сводятся в таблицы.

4 Затем проводится *анализ действующих форм организации* технологического процесса, в результате чего в пояснительную записку включаются следующие данные: о специализации участков и рабочих мест (закрепленной номенклатуре, деталей, операций); об организации и оснащенности рабочих мест; о внутризаводской и внешней кооперации; типе производства и уровне развития группового производства; системе обслуживания рабочих мест, численности персонала и квалификации.

5 Проводится *анализ действующей системы управления* – организационной структуры управления в цехе, на участке, системы планирования, учета, контроля и регулирования (диспетчирования).

6 В ходе *анализа системы технологической подготовки производства* определяются: численность и квалификация технологов и нормировщиков,

занятых технологической подготовкой производственной программы; формы разрабатываемой документации; длительность и содержание цикла разработки и освоения технологии нового изделия; применяемые системы автоматизации технологического проектирования, разработки управляющих программ, технические средства автоматизации, состав и численность соответствующих подразделений; состав и численность подразделений механизации и автоматизации производства; возможности инструментального цеха (номенклатура изготавливаемых инструментов и приспособлений, их характеристика по габаритам, точности и т. п.), намечаемые планы его реконструкции или перевооружения.

По данным анализа выполняется расчет затрат на технологическую подготовку производства и определяется длительность ее цикла.

7 Приводятся данные о действующей на заводе подсистеме сервиса (ремонтно-эксплуатационного обслуживания оборудования).

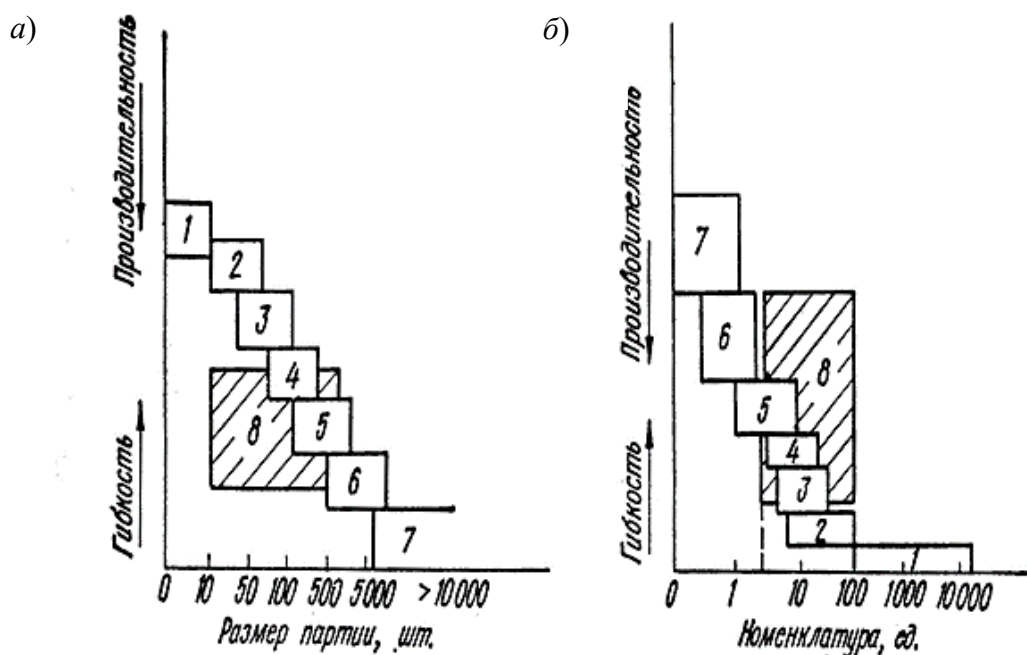
8 Проводится анализ себестоимости по элементам в части определения фактических непроизводительных затрат, вызываемых производственными потерями. Анализ должен выполняться по фактическим бухгалтерским данным за период не менее двух лет.

Анализируются потери: от неполной загрузки оборудования; излишних оборотных запасов и незавершенного производства, вызванных большой длительностью производственного цикла, брака по вине производственного персонала; недостаточной оптимизации технологического процесса; травматизма и заболеваний.

Приводятся сведения: об утвержденных планах реконструкции и технического перевооружения и намечаемых в них мероприятиях; заявленном и намечаемом к заявке технологическом оборудовании; состоянии производственных зданий; возможности выделения площади под ГАП; возможностях предприятия в части финансирования работ; возможностях выполнения проектных работ для ГАП силами специалистов предприятия» в том числе разработки программного обеспечения.

9 На основе данных анализа номенклатуры и размера партии запуска деталей предварительно по диаграммам (рисунок 2.1) *определяется масштабность структуры ГАП* – гибкий производственный модуль, линия, участок, цех, завод.

10 На основе информационных материалов по выполненным проектам ГАП и проспектам выбирается примерный аналог ГАП определенной ранее структуры за исключением ГАЦ и ГАЗ. Производится укрупненная оценка загрузки выбранного аналога ГАП или расчет потребности в модулях обработки, исходя из заданной расчетной программы выпуска изделий (деталей) с учетом работы ГАП в две и три смены; загрузки оборудования ($K_{заг} \geq 0,9$); снижения трудоемкости работ за счет сокращения вспомогательного времени, времени транспортно-складских операций и общего технологического времени за счет автоматизации по всему циклу обработки; возможной концентрации операций.



1 – универсальные станки; 2 – станки с ЧПУ; 3 – многоцелевые станки; 4 – гибкие производственные модули (ГПМ); 5 – гибкие автоматизированные участки (ГАУ); 6 – гибкие автоматизированные линии (ГАЛ), гибкие автоматизированные цехи (ГАЦ) и заводы (ГАЗ); 7 – автоматические линии; 8 – гибкие производственные системы

Рисунок 2.1 – Рекомендуемые границы практического использования различных типов оборудования и уровня автоматизации в зависимости от размера партии (а) и номенклатуры (б) деталей

По результатам анализа дается заключение о целесообразности создания ГАП на предприятии, его масштабности и составе (ориентировочно); дается оценка и приводится состав необходимых мероприятий и работ по созданию ГАП на предприятии (включая НИР и ОКР), приобретению оборудования, реконструкции производственных зданий и инженерных сооружений, подготовке кадров, переспециализации участков, реорганизации действующих подразделений, включая систему технологической подготовки производства и оперативного планирования, планово-предупредительных ремонтов, увеличению программы выпуска изделий и т. п.

2.2 Технико-экономическое обоснование внедрения ГАП

Решение о создании ГАП подтверждается тщательным технико-экономическим обоснованием (ТЭО) по результатам детального анализа программы выпуска продукции, циклограмм работы и загрузки оборудования (основного, вспомогательного, вычислительной техники); трудовых затрат, потерь по всему циклу производственного процесса; возможностей пополнения рабочей силы и связанных с этим затрат.

Технико-экономическое обоснование является основанием для подготовки технического задания на разработку ГАП.

Рекомендуются следующие *разделы содержания технико-экономического обоснования создания ГАП*.

Цель ТЭО – дается краткая формулировка главной и вспомогательной целей создания ГАП на предприятии. Указываются вид производства и основные цехи или участки, где предполагается создание ГАП; приводятся объемно-планировочные данные здания (ширина пролетов, высота, температурный режим и пр.).

Анализ производственного процесса – описываются характеристики изготавливаемой продукции, приводятся номенклатура, размеры партий, годовая программа (в штуках, тоннах, рублях), техническая характеристика изделий (деталей): диапазон размеров, число обрабатываемых поверхностей; диапазоны точности обработки по размерам, форме поверхности, чистоте обработки; количество применяемых материалов, виды химико-термической обработки и покрытия.

Обосновывается выбор ограниченного числа типовых представителей. Приводится краткое описание технологического процесса и количественная характеристика показателей.

Приводятся характеристика принятой системы планово-учетных единиц, плановой документации, указывается уровень автоматизации плановых расчетов в АСУП с доведением их до цеха, участка, рабочего места, проводится анализ действующей системы оперативно-производственного диспетчирования, организации технологической подготовки производства, численности и квалификации персонала, уровня автоматизации ТПП (перечень задач, выполняемых в автоматизированном режиме, перечень технических средств и их характеристики), длительности цикла ТПП.

Описываются принятая на предприятии система планово-предупредительных ремонтов, мощность подразделений, обеспечивающих ремонтно-эксплуатационное обслуживание и их возможности, техническая база, квалификация персонала.

Расчет себестоимости изготавливаемой продукции – выполняется расчет себестоимости изготовления продукции (деталей) по действующему варианту производственного процесса и всем изменяющимся статьям затрат.

Анализ производственных потерь – дается анализ себестоимости и производственных потерь по действующему производственному процессу.

К производственным относятся следующие потери: от неполной загрузки оборудования (дается расчет машинного времени работы оборудования); обусловленные длительной продолжительностью производственного цикла; связанные с недостаточной оптимизацией режимов обработки, концентрацией операций (рассчитываются «лишние» затраты вспомогательного и подготовительно-заключительного времени, потери времени от нерационального выполнения транспортно-складских операций, недостаточной

автоматизации операций установки и закрепления деталей и т. п.); от брака, из-за омертвления производственных запасов; потери рабочего времени из-за нарушения трудовой дисциплины, сверхурочных и работ в выходные дни, доплат за работу в ночные смены и т. п.; от заболеваний, травматизма и т. п.

Оценка возможных вариантов создания ГАП – приводятся: аналог ГАП; предварительная оценка необходимой масштабности структуры ГАП – классификация по ГОСТ 26228–84; расчет цикла изготовления изделий на ГАП; оценка возможной величины снижения времени обработки по каждому типовому представителю, расчет трудоемкости на годовую программу, а также необходимой численности персонала; расчет количества модулей обработки, контроля качества продукции и других, а также емкости склада, количества сборочных станций, исходя из структуры операций и нормы времени, годовой программы; структура, укрупненная схема ГАП (компоновка); оборудование (модельный состав) всех модулей, включая робототехнику, средства ВТ, и оценка его стоимости.

Оценка величины экономии себестоимости – выполняется расчет себестоимости обработки в ГАП по статьям затрат в действующем производстве и рассчитывается величина экономии себестоимости по соответствующим статьям затрат.

Расчет приведенных затрат на создание ГАП – учитываются капиталовложения и затраты на НИР, ОКР, предпроектные работы (реорганизация производства, обучение кадров, мероприятия по трудоустройству высвобождаемых работников).

Расчет годового экономического эффекта и срока окупаемости – кроме величины экономического эффекта от уменьшения себестоимости, оценивается возможная экономия от снижения брака, травматизма, заболеваемости, размеров выплат из общественных фондов и из фондов соцкультбыта, затрат на транспортное обслуживание, воспроизводство рабочей силы – обучение, обеспечение жильем, детсадами и т. п.

В заключение делается вывод о целесообразности создания ГАП, масштабности его структуры и о сроках проведения работ.

2.3 Организационно-технологическая подготовка производства

Технологическая подготовка ГАП – комплексная задача, направленная на обеспечение наиболее экономичного процесса изготовления изделий с минимальными затратами живого труда. Это достигается благодаря комплексной автоматизации всех этапов производственного процесса. При решении этой задачи находят оптимальный для конкретной производственной системы вариант изготовления деталей, а затем сборки изделий и их испытаний. Выбранный вариант изготовления продукции должен обеспечивать максимальные значения показателей эффективности производства.

Технологическая подготовка производства при переходе к новой продукции существенно зависит от того, какая продукция выпускалась предприятием в предыдущий период. При выпуске однотипной продукции различных модификаций система технологической подготовки производства работает в установившемся режиме, в случае же перехода предприятия к выпуску совершенно новых изделий или при техническом перевооружении она работает в переходном режиме, оказывая при этом существенное влияние на всю деятельность предприятия.

Основные этапы технологической подготовки производства проводятся последовательно. К ним относятся:

- 1) классификация деталей по конструктивно-технологическим признакам и группирование их;
- 2) разработка групповых маршрутных техпроцессов, нормирование их и расчет количества технологического оборудования и рабочих мест;
- 3) определение уровня организации и автоматизации производственного процесса и разработка технических заданий (ТЗ) на ГАП;
- 4) разработка операционных техпроцессов изготовления и контроля изделий;
- 5) разработка ТЗ на базовые части переналаживаемой оснастки нестандартное технологическое и контрольно-измерительное оборудование;
- 6) расчет графиков подачи заготовок, основных и вспомогательных материалов, инструмента и техоснастки, расчет грузопотоков и предварительная планировка ГАП, разработка транспортно-накопительной системы (АТНС);
- 7) разработка структуры ГАП, схемы функционирования и общего алгоритма работ;
- 8) разработка ТЗ на автоматизированную систему управления ГАП;
- 9) разработка технических проектов на нестандартное оборудование и систему управления и рабочих проектов на оснастку;
- 10) разработка рабочей документации на нестандартное оборудование, технические средства управления, математическое обеспечение.

Если при создании ГАП требуется изменение производственной структуры предприятия, то разработке ТЗ должны предшествовать работы по частичной или полной реорганизации производственной системы. Более предпочтительными являются полная реконструкция и техническое перевооружение предприятия, но их проведение в короткий срок реально лишь в тех условиях, когда они предусмотрены соответствующими планами и обеспечены необходимыми ресурсами. В противном случае приходится ограничиваться частичной реорганизацией, направленной на создание предметно-специализированных ГАП.

Как полная, так и частичная реорганизация структуры производственной системы при подготовке предприятия к созданию ГАП проводится в несколько этапов.

На *первом этапе* осуществляются анализ состава выпускаемых предприятием изделий. Цель анализа – определение распределения деталей по номенклатуре и трудоемкости их изготовления в соответствии с важнейшими конструктивно-технологическими признаками, отражающими их технологические свойства в каждом из технологических переделов.

На *втором этапе* производится группирование деталей по конструктивно-технологическим признакам для предварительного определения состава и специализации цехов основного производства, в том числе поддетальной специализации механических цехов. На данном этапе основная задача заключается в определении рационального уровня предметной замкнутости (по изделиям, деталям) цехов на основе результатов проведенного ранее анализа выпускаемой предприятием продукции. Работы по этапу завершаются распределением номенклатуры деталей и сборочных единиц по цехам основного производства.

На *третьем этапе* определяются состав и специализация производственных участков в каждом цехе основного производства. Преобладающей формой специализации производственных участков должна быть поддетально-групповая. Для установления поддетальной специализации групповых участков проводится группирование деталей в пределах номенклатуры цеха. Работы завершаются распределением номенклатуры деталей по производственным участкам с учетом всех факторов, в том числе уровня автоматизации.

Четвертый этап начинается с отработки деталей, закрепленных за участком, на технологичность исходя из условий их совместной обработки. Повышение технологичности заключается в унификации конструктивных элементов деталей, в первую очередь наиболее влияющих на технологический процесс и средства технологического оснащения, и их параметров. Затем проводится выбор деталей-представителей или формирование комплексных деталей. На каждую деталь-представитель или комплексную деталь разрабатывается маршрутный технологический процесс, на основании которого впоследствии устанавливается групповой маршрутный технологический процесс изготовления остальных деталей группы. После укрупненного нормирования трудоемкости производятся расчет количества и загрузки технологического оборудования, а также дозагрузка оборудования. Состав и количество технологического оборудования уточняются с учетом фактически имеющегося на предприятии.

Групповая технология позволяет организовать рациональное движение деталей по рабочим местам, сократить их транспортировку, упростить планирование, увеличить производительность станочных операций, сократить затраты на инструмент, оснастку и на хранение материалов, повысить коэффициент использования станков с ЧПУ, снизить трудоемкость подготовки управляющих программ, уменьшить потери времени на переналадку оборудования. Внедрение групповой технологии в ГАП позволяет при изготовлении небольших партий изделий достичь эффективности, получаемой в

крупносерийном поточном производстве. При этом необходимы новый характер управления и новое распределение производственных задач. Основное значение групповой технологии состоит в организации производства, обеспечивающей ускорение его технологической подготовки, резкое сокращение производственного цикла изготовления изделий, уменьшение объема незавершенного производства, более быстрое выполнение заказов. Предприятия, использующие групповую технологию, переходят к гибкому автоматизированному производству наиболее организованно.

На *пятом этапе* определяется рациональная структура производственных участков посредством группирования деталей по общности технологических процессов и операций. На первых шагах группирования определяются возможность и целесообразность создания групповых поточных линий, затем – поддетально-замкнутых макроучастков и, наконец, определяется специализация отдельных рабочих мест. Одновременно с этим принимаются предварительные решения по размещению технологического оборудования на участках.

По отношению ко второму *шестой этап* является уточняющим на основе данных, полученных в результате формирования производственных участков. Окончательное решение по компоновке и специализации цехов основного производства должно приниматься с учетом следующих основных факторов: общности типажа технологического оборудования; общности транспортно-накопительных, погрузочно-разгрузочных средств; межучастковой кооперации; организации материальных потоков на уровне цехов и предприятий в целом; ограничений по производственным площадям; примерной однородности продукции по серийности и стабильности выпуска и др.

Седьмой этап – этап окончательной компоновки и специализации цехов – завершается расчетом расхода основных и вспомогательных материалов, заготовок и полуфабрикатов, энергии, внутрицехового грузооборота, определением состава вспомогательных цехов, служб и других параметров и характеристик цехов основного производства, а также технико-экономическим обоснованием новой организационно-технологической структуры производственной системы.

Когда целесообразность реорганизации производственной системы установлена, выполняется разработка ТЗ на создание ГАП. Для предприятий, подлежащих полной реконструкции, необходимо последовательно выполнять все перечисленные этапы работ. При частичной реорганизации производства, начиная с третьего этапа, целесообразно ограничиться проработкой дальнейших решений для номенклатуры изделий того цеха, в котором предполагается создать подразделения ГАП.

2.4 Основные этапы работ по созданию ГАП

Типовые стадии работ, связанных с определением целесообразности создания, проектированием, внедрением и промышленной эксплуатацией ГАП, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Стадии и этапы работ по созданию ГАП

Стадия работы	Этап
Предпроектная	Технико-экономическое обследование производства, подбор номенклатуры и определение объемов работ Разработка исходных технических требований к ГАП и его технико-экономическое обоснование. Подготовка ТЭО с расчетом экономической эффективности ГАП
Общее техническое задание	Разработка общего ТЗ, согласование с головными в подотраслях разработчиками ГАП и базовыми разработчиками по подсистемам и видам работ, с внешними контрагентами, согласование и утверждение ТЗ у руководства министерства. Разработка и утверждение графика работ
Разработка документации	Предпроектные научно-исследовательские работы. Разработка и согласование технического предложения и компоновочной схемы ГАП. Корректировка технического задания
Технический проект	Формирование частных технических требований к технологической подсистеме, подсистеме управления, АСТПП и т. п. Разработка и выдача разработчикам частных технических заданий на структурные составляющие ГАП. Технологическое, системотехническое и организационное проектирование ГАП. Разработка конструкторской документации компонентов всех функциональных подсистем и модулей. Разработка и экспертиза проектов строительно-монтажной части производственных объектов. Рассмотрение технического проекта руководством министерства. Корректировка (при необходимости) технического проекта. Выдача заказных спецификаций и смет. Заказ покупного оборудования и дефицитных материалов
Рабочий проект	Разработка рабочей конструкторской документации. Разработка рабочих строительно-монтажных чертежей схем и смет. Разработка эксплуатационной документации. Разработка общесистемного и специального программного обеспечения всех подсистем и ГАП в целом. Подготовка и переподготовка кадров для эксплуатации ГАП
Изготовление	Централизованная поставка и изготовление модулей ГАП и их компонентов. Комплектование технологическим оборудованием, средствами вычислительной техники, контрольно-измерительной аппаратурой и т. д. Строительно-монтажные работы. Пусконаладочные работы. Автономная настройка модулей и комплексная отладка ГАП
Ввод в эксплуатацию	Приемосдаточные испытания по вводу ГАП в опытно-промышленную эксплуатацию. Опытная эксплуатация. Ресурсные испытания. Ревизия функциональных модулей. Выход на проектные мощность, производительность, гибкость, безлюдность. Приемка ГАП в промышленную эксплуатацию, аттестация ГАП
Развитие	Разработка ТЗ на дальнейшее развитие ГАП

В техническом задании указывается наименование и область применения, основание для создания, цель и назначение ГАП, приводится перечень информационных, методических и нормативных материалов, а также опыт создания ГАП-аналогов. Описываются технические характеристики ГАП – наименование, номенклатура, годовая программа и конструкторско-технологическая характеристика изготавливаемой продукции, состав ГАП,

занимаемые площади и место их размещения, краткое описание типового технологического процесса.

Особое место в техническом задании занимают *технические требования* к создаваемому ГАП:

1) *технические требования к структуре* должны отражать последовательность расположения, взаимные координаты, возможность эволюции, организацию;

2) *технические требования к технологической подсистеме* должны отражать ее состав, структуру и функции;

3) в *технических требованиях к модулям обработки* указываются необходимые режимы работы, нагрузки, мощность, род энергоресурсов, уровень автоматизации, надежность, гибкость, безвредность, способы крепления, жесткость, способы защиты от повреждения и т. п.;

4) в *технических требованиях к модулю контроля качества продукции* должны оговариваться контролируемые параметры, диапазон и погрешность измерений, порядок использования результатов контроля, условия эксплуатации, режим работы, потребляемая мощность, габариты, помехоустойчивость, надежность, степень автоматизации и т. п.;

5) *технические требования к модулю робототехники* (грузоподъемность, точность позиционирования, число степеней подвижности, величина и скорость основных координатных перемещений, вид потребляемой энергии, тип системы управления и т. п.), к *модулю межоперационного транспортирования* (диапазон грузоподъемности, скорости, способы торможения, надежность, система движения, управления, адаптации и т. п.), к *модулю складирования и комплектации* (грузоподъемность, емкость, габариты ячеек, жесткость и устойчивость, надежность, способы защиты от повреждений, высотность, требуемая площадь и т. п.), к *модулю инструментального обеспечения* (емкость, способы защиты от повреждений, степень автоматизации, надежность и т. п.), к *модулю удаления отходов* (периодичность, способ удаления, структура отходов и т. п.), к *модулю охлаждения и смазки* (вид применяемых материалов, периодичность, качество материалов, степень автоматизации и т. п.);

6) *технические требования к подсистеме управления* должны отражать иерархию системы, элементную базу, надежность, помехоустойчивость, совместимость программного и математического обеспечения, технических средств и т. п.;

7) *технические требования к отдельным составляющим подсистемы управления*, к автоматизированной подсистеме технологической подготовки производства (назначение, место в ГАП, степень автоматизации и т. п.);

8) *технические требования к подсистеме сервиса* содержат как общие (назначение, место в ГАП, система связи и т. п.), так и частные технические требования к модулям диагностирования неисправности (оперативность, организационная структура, технические средства и т. п.), ремонта (организация, методы, технические средства, персонал, площади т. п.);

9) *технические требования к подсистемам внешнего обеспечения ГАП* (специализация, отработка на технологичность, унификация, поставка,

комплектация, обучение кадров, система оплаты и т. п.), надежности, технике безопасности, условиям эксплуатации.

Техническое задание должно включать также основные экономические показатели создаваемого ГАП (условное высвобождение работающих, снижение трудоемкости, рост производительности труда, затраты на создание ГАП и срок их окупаемости, годовой экономический эффект), стадии и этапы разработки с указанием сроков выполнения, головных исполнителей и соисполнителей, сведения об источниках финансирования работ по созданию ГАП, порядок приемки ГАП в эксплуатацию. К техническому заданию прилагается технико-экономическое обоснование.

На этапе технических предложений разрабатываются «Предложения по комплексной технологии», охватывающие решения не только по технологии, но и по организации труда, производства и управления.

На стадии «Разработка документации» выпускаются технический и рабочий, а в некоторых случаях технорабочий проект. Заказчиком проектов является предприятие, создающее ГАП; разработчиком проектно-сметной документации – проектный институт либо предприятие, пользующееся при выполнении проектных работ правами проектного института. Такими правами может располагать и сам заказчик. Разработку других разделов проектов выполняют специализированные институты. По каждому из них необходимая документация передается в объеме и в форме, определенных действующими стандартами.

На стадии «Изготовление» работы выполняются предприятием-заказчиком; основные из этих работ следующие: организационные (составление графиков работ, комплектация штатов ГАП, организация материально-технического обеспечения создания ГАП и поставки оборудования, заключение договоров на строительные, монтажные и наладочные работы, координация и контроль за проведением работ и т. д.), изготовление и наладка нестандартных технических средств ГАП, строительные-монтажные работы, подготовка информационной базы на машинных носителях, подготовка кадров по эксплуатации ГАП.

На стадии «Ввод в эксплуатацию», выполняемой предприятием-заказчиком, предусматриваются следующие работы: издание необходимых организационных документов, автономная наладка технических средств, наладка общего программного обеспечения, автономное решение задач управления, комплексная наладка и опытная эксплуатация ГАП, приемка ГАП в промышленную эксплуатацию и аттестация.

Ответственными за создание ГАП должны быть сами предприятия, для которых ведется разработка; при этом главный конструктор ГАП назначается, как правило, из числа руководителей предприятия (по должности не ниже главного инженера). На предприятиях-соисполнителях, участвующих в создании ГАП, приказом по предприятию назначается ответственный исполнитель работ по данному ГАП.

Для успешного внедрения в последующую эксплуатацию ГАП необходимо на предприятии обеспечить следующие подготовительные мероприятия:

1) создать специальное подразделение или целевую группу из технологов, технологов-программистов, конструкторов, математиков, математиков-

программистов, наладчиков. Назначить ответственных исполнителей по каждой подсистеме ГАП, приказом по предприятию изменить и дополнить функции служб предприятия;

2) провести обучение специалистов по тематике ГАП в Институте повышения квалификации руководящих работников и специалистов отрасли;

3) осуществить необходимую внутризаводскую специализацию участков и перестройку смежных подразделений действующего производства;

4) доработать (при необходимости) действующую систему планирования, особенно в части номенклатуры планово-учетных единиц;

5) разработать и согласовать в установленном порядке систему стимулирования труда будущего персонала ГАП и его разработчиков;

6) разработать систему мер организационного, экономического и социального порядка по своевременному и эффективному использованию высвобождающихся рабочих на других участках производства.

Создание ГАП должно осуществляться на базе использования типовых производственных модулей и типовых решений по автоматизации, разработка которых – самостоятельная задача, решаемая по отдельным планам.

В отличие от обычных производств ГАП включает в себя наравне с оборудованием большое количество средств вычислительной техники (ВТ). Это предъявляет особые требования к производственным помещениям и системе электропитания предприятия. Помещения, в которых установлены средства ВТ, должны быть оборудованы системами центрального отопления, приточной и вытяжной вентиляции с механическим побуждением, кондиционирования воздуха.

Внезапное отключение напряжения или отклонение его от номинального сверх допустимых пределов может вызвать потерю или искажение информации в СУ ГАП. Поэтому для средств ВТ ГАП, работающих в реальном масштабе времени, электропитание необходимо осуществлять от двухмашинных агрегатов «двигатель – генератор».

К моменту начала наладки ГАП для сдачи в опытную эксплуатацию должны быть выполнены следующие работы: закончено оборудование помещения ВЦ; установлен и смонтирован комплекс технических средств системы; завершена наладка УВК и МПК.

Монтаж и планировка технических средств и оборудования, входящих в ГАП, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.2.003–74, ГОСТ 12.2.009–80.

Планировка оборудования ГАП должна обеспечить свободный доступ ко всем техническим узлам и удобство при работе и обслуживании системы.

Для выполнения работы необходимо знать:

– основные технико-экономические показатели деятельности структурного подразделения и методику их расчета.

Для выполнения работы необходимо уметь:

– находить и использовать необходимую экономическую информацию;

– рассчитывать технико-экономические показатели деятельности структурного подразделения и проводить их анализ.

Таблица 2.2 – Техничко-экономические показатели структурного подразделения

Показатель	Обозначение, расчет	Экономический смысл
1	2	3
Выручка от реализации работ, услуг, тыс. р.	B	
Стоимость основных фондов, тыс. р.	C_{of}	
Стоимость оборотных средств, тыс. р.	$C_{об.ср.}$	
Численность работников структурного подразделения, чел.	$Ч$	
Годовой фонд заработной платы персонала подразделения, тыс. р.	$\Phi ЗП_{год}$	
Себестоимость произведенных работ, оказанных услуг, тыс. р.	C	Себестоимость – это сумма затрат, связанных с производством и реализацией продукции
Валовая прибыль, тыс. р.	$ВП = B - C, \text{ р.}$	Как экономическая категория, прибыль отражает чистый доход, получаемый в результате производственно-хозяйственной деятельности предприятия
Рентабельность, %	$P = \frac{ВП}{C} \cdot 100, \%$	Прибыль получает предприятие с одного вложенного в производство рубля затрат
Производительность труда, р./чел.	$П_{тр} = \frac{B}{Ч}$	Производительность труда показывает выработку на одного работника предприятия
Средняя заработная плата, р./чел.	$ЗП_{ср} = \frac{\Phi ЗП_{год}}{12 \cdot Ч}, \text{ р.}$	Средняя заработная плата показывает средний размер оплаты труда на одного работника данного предприятия
Фондоотдача	$\Phi_0 = \frac{B}{C_{of}}$	Фондоотдача – это выпуск продукции на 1 р. основных фондов
Фондоёмкость	$\Phi_{\bar{e}} = \frac{C_{of}}{B}$	Величина фондоёмкости показывает, сколько основного капитала приходится на 1 р. выпущенной продукции. Это показатель, обратный фондоотдаче
Фондовооруженность	$\Phi_{\bar{e}} = \frac{C_{of}}{Ч}$	Фондовооруженность показывает величину стоимости основных средств, приходящуюся на одного работника
Коэффициент оборачиваемости оборотных средств	$K_{об} = \frac{B}{C_{об.ср.}}$	Коэффициент оборачиваемости оборотных средств показывает число кругооборотов которое эти средства совершают за плановый период

Задача 1. Рассчитать технико-экономические показатели деятельности структурного подразделения и произвести анализ его деятельности при следующих исходных данных (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Расчет технико-экономических показателей деятельности подразделения

Показатель	Обозначение, расчет	2021 г.	2022 г.	Отклонение, +, –	Динамика, %
1	2	3	4	5	6
Выручка от реализации работ, услуг, тыс. р.	B	350000	450620		
Себестоимость произведенных работ, оказанных услуг, тыс. р.	C	200000	350000		
Валовая прибыль, тыс. р.	$BP = B - C, \text{p.}$				
Рентабельность, %	$P = \frac{BP}{C} \cdot 100, \%$				
Численность работников структурного подразделения, чел.	$Ч$	68	70		
Производительность труда, р./чел.	$П_{тр} = \frac{B}{Ч}$				
Годовой фонд заработной платы персонала подразделения, тыс. р.	$\Phi ЗП_{год}$	8976	10080		
Средняя заработная плата, р./чел.	$ЗП_{cp} = \frac{\Phi ЗП_{год}}{12 \cdot Ч}, \text{p.}$				
Стоимость основных фондов, тыс. р.	$C_{оф}$	68900	78630		
Стоимость оборотных средств, тыс. р.	$C_{об.ср}$	40000	36000		
Фондоотдача	$\Phi_o = \frac{B}{C_{оф}}$				
Фондоёмкость	$\Phi_{\bar{e}} = \frac{C_{оф}}{B}$				
Фондовооруженность	$\Phi_{\bar{e}} = \frac{C_{оф}}{Ч}$				
Коэффициент оборачиваемости оборотных средств	$K_{об} = \frac{B}{C_{об.ср}}$				

Приведем пример расчета отклонений и динамики по показателю «Выручка».

Отклонения = 450620 – 350000 = 100620 р.

$$\text{Динамика} = \frac{450620}{350000} \cdot 100 - 100 = 28,7 \, \%.$$

По остальным показателям расчет производится аналогично, за исключением рентабельности. По показателю «рентабельность» рассчитываются только отклонения, т. к. рентабельность рассчитана в процентах.

Задача 2. Рассчитать заводскую (производственную) себестоимость ремонта условной ремонтной единицы (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Расчет производственной себестоимости ремонта условной ремонтной единицы

Статья затрат	Обозначение, формула	Сумма, р.
1	2	3
Основные материалы, р.	M_0	132,42
Основная заработная плата электриков-ремонтников, р.	$3П_{осн}$	231,45
Дополнительная заработная плата электриков-ремонтников (10 % от основной)	$3П_{\partial} = \frac{3П_{осн} \cdot 10}{100}, \text{ р.}$	
Страховые взносы во внебюджетные фонды – 30 % от фонда заработной платы (от суммы основной и дополнительной заработной платы), р.	$O_{страх} = \frac{(3П_{осн} + 3П_{\partial})}{100} \cdot 30, \text{ р.}$	
Цеховые расходы на ремонт условной ремонтной единицы, р.	$P_{цех} = \frac{3П_{осн} \cdot H_{цех}}{100}, \text{ р.}$ $H_{цех}$ – норматив цеховых расходов (принять 90 %)	
Общезаводские расходы на ремонт условной ремонтной единицы, р.	$P_{зав} = \frac{3П_{осн} \cdot H_{общезав}}{100}, \text{ р.}$ $H_{общезав}$ – норматив общезаводских расходов (принять 60 %)	
Итого производственная себестоимость ремонта условной ремонтной единицы ($C_{пр}$)	$C_{пр} = M_0 + 3П_{осн} + 3П_{\partial} + O_{страх} + P_{цех} + P_{зав}, \text{ р.}$	

2.5 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Программа перемещения манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 по заданной траектории в режимах «без обработки».

3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяются общая и производственная площади цеха при укрупненном и детальном проектировании?
- 2 Назовите основные строительные параметры производственных зданий и факторы, влияющие на их выбор.
- 3 Какие варианты размещения оборудования возможны на станочных участках и линиях?
- 4 Назовите варианты размещения станочных модулей в ГПС.
- 5 Какие особенности необходимо учесть при проектировании участков и цехов для производства высокоточных изделий?
- 6 Назовите основные принципы, определяющие выбор компоновки цеха.
- 7 Как размещают вспомогательные отделения цеха по отношению к производственным участкам и линиям?
- 8 Каковы особенности размещения оборудования в ГПС?
- 9 Что указывается в задании на проектирование санитарно-технической части?
- 10 Что входит в состав задания на проектирование энергетической части?
- 11 Назовите основные технико-экономические показатели проекта цеха.
- 12 Себестоимость произведенных работ, оказанных услуг (определение).
- 13 Как определяется валовая прибыль?
- 14 Как определяется рентабельность, и что отражает?
- 15 Как определяется производительность труда? Экономический смысл показателя.
- 16 Как определяется средняя заработная плата?
- 17 Как определяется фондоотдача? В чем состоит смысл показателя?
- 18 Как определяется фондоёмкость? Какие выводы можно сделать, используя этот показатель?
- 19 Как определяется фондовооруженность? В чем состоит её смысл?
- 20 Как определяется и что показывает коэффициент оборачиваемости оборотных средств?

Список литературы

- 1 **Фридман, А. М.** Экономика организации / А. М. Фридман. – Москва: РИОР, 2019. – 239 с.
- 2 **Драчева, Е. Л.** Менеджмент / Е. Л. Драчева, Л. И. Юликов. – Москва: Академия, 2017. – 304 с.
- 3 **Дашенко, А. И.** Проектирование автоматических линий: учебное пособие для машиностроит. спец. вузов / А. И. Дашенко, А. П. Белоусов. – Москва: Высшая школа, 1983. – 328 с.
- 4 Робототехника и гибкие автоматизированные производства: в 9 кн.; под ред. И. М. Макарова. – Москва: Высшая школа, 1986.
- 5 **Соломенцев, Ю. М.** Управление гибкими производственными системами / Ю. М. Соломенцев, В. Л. Сосонкин. – Москва: Машиностроение, 1988. – 352 с.
- 6 **Кафаров, В. В.** Гибкие автоматизированные системы в химической промышленности: учебник для вузов / В. В. Кафаров, В. В. Макаров. – Москва: Химия, 1990. – 320 с.
- 7 Гибкое автоматическое производство / В. О. Азбель [и др.]. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 454 с.
- 8 Теория автоматического управления: учебник для машиностроит. спец. вузов / В. Н. Брюханов [и др.]; под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва: Высшая школа, 1999. – 268 с.
- 9 Мехатроника / Пер. с яп. Е. Исии [и др.]. – Москва: Мир, 1988. – 318 с.
- 10 **Лукинов, А. П.** Расчет и проектирование мехатронных систем: учебное пособие / А. П. Лукинов, В. Г. Хомченко. – Омск: ОмГТУ, 1999. – 116 с.
- 11 **Шахинпур, М.** Курс робототехники: пер. с англ. / М. Шахинпур. – Мир, 1990. – 527 с.
- 12 **Фу, К.** Робототехника: пер. с англ. / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. – Москва: Мир, 1989. – 624 с.
- 13 **Хомченко, В. Г.** Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / В. Г. Хомченко, А. И. Голобурдин, А. В. Федотов. – Омск: ОмГТУ, 1999. – 172 с.
- 14 **Соломин, В. Ю.** Моделирование робототехнических систем посредством сетей Петри / В. Ю. Соломин, В. Г. Хомченко // Прикладная математика и информационные технологии: сб. науч. и метод. тр.; под ред. А. А. Колоколова. – Омск: ОмГТУ, 2005. – С. 98–105.
- 15 **Федотов, А. В.** Автоматизация управления в производственных системах: учебное пособие / А. В. Федотов. – Омск: ОмГТУ, 2001. – 368 с.
- 16 **Шрайбер, Т. Д.** Моделирование на GPSS: пер. с англ. / Т. Д. Шрайбер. – Москва: Машиностроение, 1980. – 512 с.
- 17 Основы автоматизации машиностроительных производств: учебник / Е. Р. Ковальчук [и др.]; под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва: Высшая школа, 1999. – 416 с.