

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Проектирования и управления в технических системах »

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Автоматизация технологических процессов в тракторо – и
автомобилестроении**

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в
технических системах

Профиль образовательной программы Системы и средства
автоматизации технологических процессов

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
1.1 Лекция № 1 Введение.....	3
1.2 Лекция № 2 Основные определения и задачи автоматизированного производств.....	14
1.3 Лекция № 3 Основные характеристики автоматизированного производственного процесса.....	19
1.4 Лекция № 4 Автоматические и специализированные станки, автоматические линии.....	25
1.5 Лекция № 5 Станки с числовым программным управлением.....	28
1.6 Лекция № 6 Гибкие производственные системы.....	33
1.7 Лекция № 7 Структурно-компоновочные схемы ГПС.....	42
1.8 Лекция № 8 Автоматизация процесса сборки тракторов и автомобилей.....	54
1.9 Лекция № 9 Автоматизированная система управления.....	58
2. Методические указания по проведению практических занятий.....	67
2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИРТ180ПМФ4).....	67
2.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИР200ПМФ4).....	69
2.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИР500ПМФ4).....	69
2.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (1В340ПМФ).....	70
2.5 Практическое занятие № ПЗ-5 Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (АТСС) гибких производственных систем.....	73
2.6 Практическое занятие № ПЗ-6 Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (ЗКИ, ЗКП) гибких производственных систем.....	74
2.7 Практическое занятие № ПЗ-7 Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (КПС, УМС) гибких производственных систем.....	75
2.8 Практическое занятие № ПЗ-8 Разработка структуры управления и компоновки ГАУ.....	77

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Введение»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Исторический обзор создания и развития автоматизации производственных процессов в тракторо- и автомобилестроение.
2. Значение в использовании новых методов организации производства современного программного управляемого технологического оборудования, микропроцессорных управляюще-вычислительных средств и робототехнических систем.
3. Связь технологических задач с автоматизацией производственных процессов.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Исторический обзор создания и развития автоматизации производственных процессов в тракторо- и автомобилестроение.

Автоматизация производства, процесс в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Автоматизация производства - основа развития современной промышленности, генеральное направление технического прогресса. Цель Автоматизация производства заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства.

Различают Автоматизация производства: частичную, комплексную и полную.

Частичная Автоматизация производства, точнее - автоматизация отдельных производственных операций, осуществляется в тех случаях, когда управление процессами вследствие их сложности или скоротечности практически недоступно человеку и когда простые автоматические устройства эффективно заменяют его.

При комплексной Автоматизация производства участок, цех, завод, электростанция функционируют как единый взаимосвязанный автоматизированный комплекс.

Полная Автоматизация производства - высшая ступень автоматизации, которая предусматривает передачу всех функций управления и контроля комплексно-автоматизированным производством автоматическим системам управления.

При определении степени автоматизации учитывают прежде всего её экономическую эффективность и целесообразность в условиях конкретного производства. Автоматизация производства не означает безусловное полное вытеснение человека автоматами, но направленность его действий, характер его взаимоотношений с машиной изменяется; труд человека приобретает новую качественную окраску, становится более сложным и содержательным. Центр тяжести в трудовой деятельности человека перемещается на техническое обслуживание машин-автоматов и на аналитически-распорядительную деятельность.

Работа одного человека становится такой же важной, как и работа целого подразделения (участка, цеха, лаборатории). Одновременно с изменением характера труда изменяется и содержание рабочей квалификации: упраздняются многие старые профессии, основанные на тяжёлом физическом труде, быстро растёт удельный вес научно-технических работников, которые не только обеспечивают нормальное функционирование сложного оборудования, но и создают новые, более совершенные его виды.

Автоматизация производства является одним из основных факторов современной научно-технической революции, открывающей перед человечеством беспрецедентные возможности преобразования природы, создания огромных материальных богатств, умножения творческих способностей человека.

История развития автоматизации

Процесс автоматизации начался намного раньше, чем нам могло бы казаться, автоматизация на самом деле появилась практически сразу же с возникновением производства, а само по себе производство существует уже так давно, что точно никто и не скажет. Мы начнем рассматривать с появления самодействующих устройств.

Самодействующие устройства - прообразы современных автоматов - появились в глубокой древности. Однако в условиях мелкого кустарного и полукустарного производства вплоть до 18 в. практического применения они не получили и оставаясь занимательными «игрушками», свидетельствовали лишь о высоком искусстве древних мастеров. Совершенствование орудий и приёмов труда, приспособление машин и механизмов для замены человека в производственных процессах вызвали в конце 18 в. - начале 19 в. резкий скачок уровня и масштабов производства, известный как промышленная революция 18-19 вв.

Промышленная революция создала необходимые условия для механизации производства в первую очередь прядильного, ткацкого, металло- и деревообрабатывающего. К. Маркс увидел в этом процессе принципиально новое направление технического прогресса и подсказал переход от применения отдельных машин к «автоматической системе машин», в которой за человеком остаются сознательные функции

управления: человек становится рядом с процессом производства в качестве его контролёра и регулировщика. Важнейшими изобретениями этого периода стали изобретения русским механиком И.И. Ползуновым автоматического регулятора питания парового котла (1765) и английским изобретателем Дж. Уаттом центробежного регулятора скорости паровой машины (1784), ставшей после этого основным источником механической энергии для привода станков, машин и механизмов.

С 60-х гг. 19 в., в связи с быстрым развитием железных дорог, стала очевидна необходимость автоматизации железнодорожного транспорта и прежде всего создания автоматических приборов контроля скорости для обеспечения безопасности движения поездов. В России одними из первых изобретений в этом направлении были автоматический указатель скорости инженера-механика С. Прауса (1868) и прибор для автоматической регистрации скорости движения поезда, времени его прибытия, продолжительности остановки, времени отправления и местонахождения поезда, созданный инженером В. Зальманом и механиком О. Графтио (1878). О степени распространения автоматических устройств в практике железнодорожного транспорта свидетельствует то, что на Московско-Брестской железной дороге уже в 1892 существовал отдел «механического контроля поездов».

Учение об автоматических устройствах до 19 в. замыкалось в рамки классической прикладной механики, рассматривавшей их как обособленные механизмы. Основы науки об автоматическом управлении по существу впервые были изложены в статье английского физика Дж.К. Максвелла «О регулировании» (1868) и труде русского учёного И.А. Вышнеградского «О регуляторах прямого действия» (1877), в котором впервые регулятор и машина рассматривались как единая система. А. Стодола, Я.И. Грдина и Н.Е. Жуковский, развивая эти работы, дали систематическое изложение теории автоматического регулирования.

С появлением механических источников электрической энергии - электромашинных генераторов постоянного и переменного тока (динамомашин, альтернаторов) - и электродвигателей оказалась возможной централизованная выработка энергии, передача её на значительные расстояния и дифференцированное использование на местах потребления. Тогда же возникла необходимость в автоматической стабилизации напряжения генераторов, без которой их промышленное применение было ограниченным. Лишь после изобретения регуляторов напряжения с начала 20 в. электроэнергия стала использоваться для привода производственного оборудования. Наряду с паровыми машинами, энергия которых распределялась трансмиссионными валами и ремёнными передачами по станкам, постепенно распространялся и электропривод, вначале вытеснивший паровые машины для вращения трансмиссий, а затем получивший и индивидуальное применение, т.е. станки начали оснащать индивидуальными электродвигателями.

Переход от центрального трансмиссионного привода к индивидуальному в 20-х гг. 20 в. чрезвычайно расширил возможности совершенствования технологии механической обработки и повышения экономического эффекта. Простота и надёжность индивидуального электропривода позволили механизировать не только энергетику станков, но и управление ими. На этой основе возникли и получили развитие разнообразные станки-автоматы, многопозиционные агрегатные станки и автоматические линии. Широкое применение автоматизированного электропривода в 30-е гг. 20 в. не только способствовало механизации многих отраслей промышленности, но по существу положило начало современной Автоматизация производства Тогда же возник и сам термин «Автоматизация производства».

В СССР освоение автоматизированных средств управления и регулирования производственных процессов началось одновременно с созданием тяжёлой промышленности и машиностроения и проводилось в соответствии с решениями Коммунистической партии и Советского правительства об индустриализации и механизации производства. В 1930 по инициативе Г.М. Кржижановского в Главэнергоцентре ВСНХ СССР был организован комитет по автоматике для руководства работами по автоматизации в энергетике. В правлении Всесоюзного электротехнического объединения (ВЭО) в 1932 было создано бюро автоматизации и механизации заводов электропромышленности. Началось применение автоматизированного оборудования в тяжёлой, лёгкой и пищевой промышленности, совершенствовалась транспортная автоматика. В специальном машиностроении наряду с отдельными автоматами были введены в действие конвейеры с принудительным ритмом движения. Организовано Всесоюзное объединение точной индустрии (ВОТИ) по производству и монтажу приборов контроля и регулирования.

В научно-исследовательских институтах энергетики, металлургии, химии, машиностроения, коммунального хозяйства создавались лаборатории автоматизации. Проводились отраслевые и всесоюзные совещания и конференции по перспективам её применения. Начались технико-экономические исследования значения Автоматизация производства для развития промышленности в различных социальных условиях. В 1935 в АН СССР стала работать Комиссия телемеханики и автоматизации для обобщения и координации научно-исследовательских работ в этой области. Началось издание журнала «Автоматика и телемеханика».

В 1936 Д.С. Хардер (США) определял автоматизацию как «автоматическое манипулирование деталями между отдельными стадиями производственного процесса». По-видимому, вначале этим термином обозначали связывание станков с автоматическим оборудованием передачи и подготовки материалов. Позднее Хардер распространил значение этого термина на каждую операцию производственного процесса.

Роль автоматизации в экономике

Высокая экономическая эффективность, технологическая целесообразность и часто эксплуатационная необходимость способствовали широкому распространению автоматизации в

промышленности, на транспорте, в технике связи, в торговле и различных сферах обслуживания. Её основные предпосылки: более эффективное использование экономических ресурсов - энергии, сырья, оборудования, рабочей силы и капиталовложений. При этом улучшается качество и обеспечивается однородность выпускаемой продукции, повышается надёжность эксплуатации установок и сооружений.

Социалистическое государство, рассматривая автоматизацию производства как один из наиболее мощных факторов развития народного хозяйства, осуществляет её по единому комплексному плану, увязанному с соответствующими ассигнованиями и материально-техническим обеспечением.

Однако капитализм, как было отмечено в основном документе международного Совещания коммунистических и рабочих партий (июнь 1969, Москва), использует эти возможности для увеличения прибылей и усиления эксплуатации трудящихся. Совершенная по форме Автоматизация производства в условиях капиталистического общества по существу остаётся средством эксплуатации и направлена главным образом на максимальное использование оборудования и предметов труда в интересах монополистического капитала, сохранения его господства.

Быстрое нервное изматывание людей, значительное отставание роста заработной платы от роста производительности труда и его интенсификации ведут к воспроизводству социальных антагонизмов, к порождению новых противоречий. Это прежде всего противоречие между необычайными возможностями, открываемыми научно-технической революцией, и препятствиями, которые капитализм выдвигает на пути их использования в интересах всего общества, обращая большую часть открытий науки и огромные материальные ресурсы на военные цели, расточая национальные богатства. Возрастающее отчуждение рабочего, его подчинённое положение по отношению к машине-автомату, гнёт со стороны всей системы капиталистического управления - всё это вызывает рост протеста трудящихся капиталистических стран против Автоматизация производства

Автоматизация производства в социалистических условиях - один из основных методов развития народного хозяйства. Благодаря социалистическому характеру собственности, плановой организации производства, активному участию работников физического и умственного труда в руководстве и управлении хозяйством становится реальным оптимальное использование возможностей, открывающихся в результате научно-технической революции, для ускорения экономического развития и наиболее полного удовлетворения потребностей всех членов общества. В СССР Автоматизация производства достигается не только высший экономический эффект, создание обилия материальных и культурных ценностей общества, но и постепенное стирание различий между физическим и умственным трудом при полной занятости всех людей.

Практически 50-е гг. явились периодом, когда Автоматизация производства начала внедряться во все имеющие значительный удельный вес отрасли народного хозяйства СССР. В машиностроении - производстве тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин - были пущены автоматические линии; начал работать автоматизированный завод по производству поршней для автомобильных двигателей. Закончен перевод на автоматическое управление агрегатов ГЭС, многие из них были полностью автоматизированы. На ряде крупнейших ТЭЦ были автоматизированы котельные цехи. В металлургической промышленности около 95% чугуна и 90% стали выплавлялось в автоматизированных печах; были введены в эксплуатацию первые автоматизированные прокатные станы. Пущены автоматические установки на нефтеперерабатывающих предприятиях. Осуществлено телемеханическое управление газопроводами. Автоматизированы многие системы водоснабжения. Начали действовать автоматические бетонные заводы. Лёгкая и пищевая промышленность стала широко оснащаться автоматами и полуавтоматами для расфасовки, дозировки и упаковки продукции и автоматическими линиями по производству продуктов. Парк автоматизированного оборудования в 1953 вырос в 10 раз по сравнению с 1940. В металлообрабатывающей промышленности появились станки с программным управлением. Для производства массовой продукции были применены роторные автоматические линии. Во взрывоопасных химических производствах получило широкое распространение телемеханическое управление процессами.

Научные основы автоматизации производства

Методы автоматизации производства, научные основы автоматизации производства развиваются главным образом по 3 направлениям. Во-первых, разрабатывают методы эффективного изучения закономерностей объектов управления, их динамики, устойчивости, зависимости поведения от воздействия внешних факторов. Эти задачи решаются исследователями, конструкторами и технологами-специалистами конкретных областей науки и производства. Сложные процессы и объекты изучают методами физического и математического моделирования, исследования операций с использованием аналоговых и цифровых вычислительных машин.

Во-вторых, определяют экономически целесообразные методы управления, тщательно обосновывают цель и оценочную функцию управления, выбор наиболее эффективной зависимости между измеряемыми и управляющими параметрами процесса. На этой основе устанавливают правила принятия решений по управлению и выбирают стратегию поведения руководителей производства с учётом результатов экономических исследований, направленных на выявление рациональных закономерностей системы управления. Конкретные цели управления зависят от технико-экономических, социальных и других условий. Они состоят в достижении максимальной производительности процесса, стабилизации высокого качества выпускаемой продукции, наибольшего коэффициента использования топлива, сырья и

оборудования, максимального объёма реализованной продукции и снижении затрат на единицу изделия и др.

В-третьих, ставится задача создания инженерных методов наиболее простого, надёжного и эффективного воплощения структуры и конструкции средств автоматизации, осуществляющих заданные функции измерения, обработки полученных результатов и управления. При разработке рациональных структур управления и технических средств их осуществления применяют теорию алгоритмов, автоматов, математическую логику и теорию релейных устройств. С помощью вычислительной техники автоматизируют многие процессы расчёта, проектирования и проверки устройств управления. Выбор оптимальных решений по сбору, передаче и обработке данных основывается на методах теории информации. При необходимости многоцелевого использования больших потоков информации применяются централизованные (интегральные) методы её обработки (см. Автоматов теория, Информации теория, Логика).

Структура управления, оптимально выбранная для выполнения заданных целей, в сочетании с комплексом технических средств (измерительных, регулирующих, исполнительных, по сбору и обработке информации всех видов и т.д.), во взаимодействии с объектом управления и человеком (оператором, диспетчером, контролёром, руководителем участка) на основе рационально построенных форм и потоков информации образует автоматизированную систему управления (АСУ). В СССР системный подход к построению и использованию комплекса средств автоматизации измерения и управления, широкое агрегатирование этих средств в рамках государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП) стал основой государственной политики в области Автоматизация производства

В современную АСУ входят устройства для первичного формирования, автоматического извлечения и передачи, логической и математической обработки информации, устройства для представления полученных результатов человеку, выработки управляющих воздействий и исполнительные устройства. В ГСП все они группируются по функциональному, информационному и конструктивно-технологическому признакам, образуя на унифицированной элементной базе блочные наборы, из которых составляются необходимые агрегатные комплексы средств автоматизации.

2. Значение в использовании новых методов организации производства современного программного управляемого технологического оборудования, микропроцессорных управляюще-вычислительных средств и робототехнических систем.

К средствам формирования и первичной обработки информации относятся клавишные устройства для нанесения данных на карты, ленты или другие носители информации механическим (перфорированием) или магнитным способами; накопленная информация передаётся на последующую обработку или воспроизведение. Из клавишных устройств, перфорирующих или магнитных блоков и транзисторов составляются регистраторы производства локального и системного назначения, которые формируют первичную информацию в цехах, на складах и в других местах производства.

Для автоматического извлечения информации служат датчики (первичные преобразователи). Они представляют собой весьма разнообразные по принципам действия устройства, воспринимающие изменения контролируемых параметров технологических процессов. Современная измерительная техника может непосредственно оценивать более 300 различных физических, химических и других величин, но этого для автоматизации ряда новых областей человеческой деятельности бывает недостаточно. Экономически целесообразное расширение номенклатуры датчиков в ГСП достигается унификацией чувствительных элементов. Чувствительные элементы, реагирующие на давление, силу, вес, скорость, ускорение, звук, свет, тепловое и радиоактивное излучения, применяются в датчиках для контроля загрузки оборудования и его рабочих режимов, качества обработки, учёта выпуска изделий, контроля за их перемещениями на конвейерах, запасами и расходом материалов, заготовок, инструмента и др. Выходные сигналы всех этих датчиков преобразуются в стандартные электрические или пневматические сигналы, которые передаются другими устройствами.

В состав устройств для передачи информации входят преобразователи сигналов в удобные для транслирования виды энергии, аппаратура телемеханики для передачи сигналов по каналам связи на большие расстояния, коммутаторы для распределения сигналов по местам обработки или представления информации. Этими устройствами связываются все периферийные источники информации (клавишные устройства, датчики) с центральной частью системы управления. Их назначение - эффективное использование каналов связи, устранение искажений сигналов и влияния возможных помех при передаче по проводным и беспроводным линиям.

К устройствам для логической и математической обработки информации относятся функциональные преобразователи, изменяющие характер, форму или сочетание сигналов информации, а также устройства для переработки информации по заданным алгоритмам (в т.ч. вычислительные машины) с целью осуществления законов и режимов управления (регулирования).

Вычислительные машины для связи с другими частями системы управления снабжаются устройствами ввода и вывода информации, а также запоминающими устройствами для временного хранения

исходных данных, промежуточных и конечных результатов вычислений и др. (см. Ввод данных. Вывод данных, Запоминающее устройство).

Устройства для представления информации показывают человеку-оператору состояние процессов производства и фиксируют его важнейшие параметры. Такими устройствами служат сигнальные табло, мнемонические схемы с наглядными символами на щитах или пультах управления, вторичные стрелочные и цифровые показывающие и регистрирующие приборы, электроннолучевые трубки, алфавитные и цифровые печатные машинки.

Устройства выработки управляющих воздействий преобразуют слабые сигналы информации в более мощные энергетические импульсы требуемой формы, необходимые для приведения в действие исполнительных устройств защиты, регулирования или управления.

Обеспечение высокого качества изделий связано с автоматизацией контроля на всех основных этапах производства. Субъективные оценки со стороны человека заменяются объективными показателями автоматических измерительных постов, связанных с центральными пунктами, где определяется источник брака и откуда направляются команды для предотвращения отклонений за пределы допусков. Особое значение приобретает автоматический контроль с применением ЭВМ на производствах радиотехнических и радиоэлектронных изделий вследствие их массовости и значительного количества контролируемых параметров. Не менее важны и выпускные испытания готовых изделий на надёжность (см. Надёжность технических устройств). Автоматизированные стенды для функциональных, прочностных, климатических, энергетических и специализированных испытаний позволяют быстро и идентично проверять технические и экономические характеристики изделий (продукции).

Исполнительные устройства состоят из пусковой аппаратуры, исполнительных гидравлических, пневматических или электрических механизмов (сервомоторов) и регулирующих органов, воздействующих непосредственно на автоматизируемый процесс. Важно, чтобы их работа не вызвала излишних потерь энергии и снижения КПД процесса. Так, например, дросселирование, которым обычно пользуются для регулирования потоков пара и жидкостей, основанное на увеличении гидравлического сопротивления в трубопроводах, заменяют воздействием на потокообразующие машины или иными, более совершенными способами изменения скорости потоков без потерь напора. Большое значение имеет экономичное и надёжное регулирование электропривода переменного тока, применение безредукторных электрических исполнительных механизмов, бесконтактной пускорегулирующей аппаратуры для управления электродвигателями.

Реализованная в ГСП идея построения приборов для контроля, регулирования и управления в виде агрегатов, состоящих из самостоятельных блоков, выполняющих определённые функции, позволила путём различных сочетаний этих блоков получить широкую номенклатуру устройств для решения многообразных задач одними и теми же средствами. Унификация входных и выходных сигналов обеспечивает сочетание блоков с различными функциями и их взаимозаменяемость.

В состав ГСП входят пневматические, гидравлические и электрические приборы и устройства. Наибольшей универсальностью отличаются электрические устройства, предназначенные для получения, передачи и воспроизведения информации.

Применение универсальной системы элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭПА) позволило свести разработку пневматических приборов в основном к сборке их из стандартных узлов и деталей с небольшим количеством соединений. Пневматические устройства широко применяются для контроля и регулирования на многих пожаро- и взрывоопасных производствах.

Гидравлические устройства ГСП также комплектуются из блоков. Гидравлические приборы и устройства управляют оборудованием, требующим для перестановки регулирующих органов больших скоростей при значительных усилиях и высокой точности, что особенно важно в станках и автоматических линиях.

С целью наиболее рациональной систематизации средств ГСП и для повышения эффективности их производства, а также для упрощения проектирования и комплектации АСУ устройства ГСП при разработке объединяются в агрегатные комплексы. Агрегатные комплексы, благодаря стандартизации входных-выходных параметров и блочной конструкции устройств, наиболее удобно, надёжно и экономно объединяют различные технические средства в автоматизированных системах управления и позволяют собирать разнообразные специализированные установки из блоков автоматики широкого назначения.

Целевое агрегатирование аналитической аппаратуры, испытательных машин, массодозировочных механизмов с унифицированными устройствами измерительной, вычислительной техники и оргтехники облегчает и ускоряет создание базовых конструкций этого оборудования и специализацию заводов по их изготовлению.

Автоматизация в сырьевой промышленности

Управление территориально рассредоточенными объектами газовой и нефтяной промышленности, водоснабжения и ирригации, транспорта, связи, гидрометеослужбы и т.п. связано с формированием большого количества текстовой и измерительной информации, передачей её на большие расстояния, концентрацией логической и математической обработки, хранением и распределением.

Агрегатный комплекс средств сбора и первичной обработки алфавитно-цифровой информации (АСПИ) в сочетании с комплексами вычислительной техники (АСВТ), единого времени (АСЕВ) и

оргтехники (АСОТ) при наличии математического обеспечения дают возможность автоматизировать управление отраслями народного хозяйства. Для сбора объективных сведений о количестве и качестве выпускаемой продукции промышленные предприятия оснащаются комплексами средств электроизмерительной техники (АСЭТ), испытания материалов на прочность (АСИП) и измерения и дозирования масс (АСИМ). Для автоматизации управления производственными процессами существенное значение имеют также комплексы средств контроля и регулирования (АСКР), аналитической техники (АСАТ) и программного управления (АСПУ), позволяющие вести производство в оптимальных режимах. Взаимодействие этих комплексов создаёт реальные условия для автоматизации многих технологических установок на основе точной измерительной информации о ходе процесса в адаптивном режиме или по заданной программе с коррекцией влияния внешних условий и среды.

Исследовательская деятельность во многом зависит от своевременного получения, быстрой и полноценной обработки объективной и точной информации о составе и строении веществ, структуре и свойствах материалов, энергетических параметрах процессов.

Применение комплексов средств автоматизации в научно-исследовательских институтах и лабораториях не только освобождает исследователей от рутинных операций, связанных с освоением имеющихся данных, но и облегчает подготовку и ведение экспериментов.

Экономическая реформа, осуществляемая в СССР на основе решений, принятых на Сентябрьском (1965) пленуме ЦК КПСС и на 23-м съезде КПСС (1966), поставила одним из важнейших условий развития народного хозяйства достижение наивысшей производительности труда при прямой заинтересованности каждого члена общества в наиболее эффективных результатах. При этом решающее значение приобретает оптимизация планов, как метод наилучшего использования наличных возможностей производства. Осуществление этой задачи требует комплексной автоматизации планирования и управления во всех отраслях народного хозяйства. Автоматизация только в технологической части производства оказалась недостаточной, и возникла необходимость в автоматизации также и экономической деятельности предприятий. Построение таких комплексных технико-экономических АСУ связано с коренным совершенствованием принципов организации труда, технологии и управления на научной основе.

Комплексная Автоматизация производства требует высокого уровня научной организации труда с широким применением разнообразных вспомогательных технических средств на рабочих местах производственного и управленческого персонала. Сюда относятся: устройства для подготовки, поиска, хранения и размножения документов, чертежей, справочных материалов для механизации инженерно-технических и административно-управленческих работ, специализированная мебель и оборудование и др. (см. Оргтехника).

Автоматизация производства в различных отраслях народного хозяйства. Развитие производительных сил страны, предусмотренное планами коммунистического строительства, базируется на прогрессе науки, на использовании новейших научных открытий и результатов теоретических исследований и практического изучения технологии производства для разработки наиболее рациональных способов создания материальных ценностей, при минимальной затрате труда. Поэтому прежде всего тщательно изучают непрерывные процессы производства, технология которых наиболее приспособлена для автоматизации. Так, на гидроэлектростанции вода из водохранилища непрерывно проходит через турбины гидроагрегатов. Автоматические регуляторы поддерживают требуемое число оборотов турбины, заданную частоту и напряжение вырабатываемого тока, регулируют активную и реактивную мощность. Защитные устройства предотвращают аварии. Автооператор гидроэлектростанции пускает и останавливает агрегаты станции в соответствии с графиком нагрузки. Устройства телемеханики позволяют диспетчеру энергосистемы контролировать работу автоматической ГЭС из центрального пункта на большом расстоянии и только в особых случаях принимать управление станцией на себя. Так работает большинство современных ГЭС.

Управление тепловыми электростанциями значительно сложнее. Блок «котёл - турбина - генератор - трансформатор» мощностью в несколько сот МВт состоит из большого числа различных агрегатов подготовки и подачи топлива и воды, удаления продуктов сгорания, обеспечения правильных режимов горения в котле и нормальной работы турбины, генератора и трансформатора. Пуск и остановка блока связаны с выполнением многих строго регламентированных операций включения и выключения агрегатов, а экономичная и безаварийная эксплуатация требует взаимосвязанного регулирования многих параметров (например, на блоке 800 Мвт около 1000 управляемых объектов и до 1300 контролируемых параметров). Осуществление этих процессов персоналом посредством обычных контрольно-измерительных приборов и устройств управления крайне затруднительно и ненадёжно, т. к. их число на один блок весьма велико. АСУ «Каскад» решает эту задачу комплексом взаимосвязанных регулирующих, вычислительных, блокирующих, контролирующих и управляющих устройств под наблюдением всего лишь одного инженера-оператора.

Построенная в 1954 под Москвой первая в мире атомная электростанция мощностью всего 5 МВт не могла бы работать без полной автоматизации ядерного реактора. На крупных АЭС автоматизируются не только регулирование мощности, аварийная защита и все другие процессы работы реакторных установок, но также совместная работа установок с поиском оптимального режима каждой из них и станции в целом.

Эффективная совместная работа нескольких электростанций в крупной энергосистеме с большим числом трансформаторных подстанций и разветвлённой высоковольтной сетью линий электропередач

протяжённостью в сотни и тысячи км без комплексной автоматизации и телемеханизации практически невозможна. Оптимальное распределение нагрузки между станциями и направление потоков энергии в районы с различными поясами времени и соответствующими сдвигами максимумов потребления, которые, в свою очередь, зависят от многих местных гидрометеорологических и технико-экономических факторов, связаны с необходимостью быстрого ведения сложных расчётов (см. Энергосистемы автоматизация). В международных энергетических объединениях комплексная автоматизация обеспечивает лучшее использование водных и топливных ресурсов во взаимных интересах стран, входящих в энергообъединение.

3. Связь технологических задач с автоматизацией производственных процессов.

Непрерывно в основном и большинство процессов с химической технологией и трубопроводным транспортом сырья и продуктов. Эти процессы составляют основу всех производств химической, нефтехимической, газовой и фармацевтической промышленности, а также водоснабжения, канализации и др. Здесь автоматизируются процессы компенсации изменений подачи и качества исходного сырья, дозирования присадки реагентов, регулирования технологии переработки, транспортирования и фасовки для достижения высоких качественных и экономических показателей, а также предотвращения аварий. Во всех этих производствах автоматизируются пуск и остановка насосных и компрессорных установок, открытие и закрытие вентилей, клапанов, задвижек и другой запорной арматуры; регулирование работы дробилок, мельниц, дозаторов, отстойников, фильтров, смесителей, теплообменников, выпаривателей, холодильников, реакторов и других разнообразных технологических аппаратов и их коммуникаций. Это осуществляется многочисленными средствами автоматического дистанционного контроля и управления, локальными регуляторами и сложными многосвязными системами управления. Успех автоматизации процессов химической технологии в значительной мере определяется наличием соответствующих датчиков температур, уровней, давлений, расходов, состава и свойств перерабатываемых веществ и готовой продукции. Возможность определения широкого диапазона показателей химических процессов и высокая точность их селективности сделали реальной автоматизацию многих процессов.

Глубокий вакуум, высокие и сверхвысокие давления, очень низкие и чрезвычайно высокие температуры, большие скорости реакций, высокая влажность, агрессивность среды, огне- и взрывоопасность и другие особые свойства перерабатываемых веществ и транспортируемых сред нередко крайне неблагоприятны для работы устройств автоматики. В этих условиях особенно хорошо работают приборы пневматической автоматики и, в частности, агрегатный комплекс средств контроля и регулирования «Старт», сочетаемый с другими устройствами. Безопасность работы обеспечивается также системами предупредительной и аварийной сигнализации и различными быстродействующими защитными устройствами. Управление компрессорными и насосными станциями и задвижками трубопроводов большой протяжённости осуществляется устройствами телемеханики.

Контроль основных производственных комплексов и сооружений и управление ими централизуются в диспетчерских пунктах, где на пультах управления или на мнемонических схемах наблюдают эксплуатационные ситуации (работа оборудования, направление потоков, аварийное состояние). Плановые и оперативные расчёты режимов, затрат и выработки ведутся средствами вычислительной техники. При участии технико-экономических служб осуществляются анализ и прогнозирование деятельности предприятия. Наиболее полно автоматизируются заводы взрывчатых веществ, заводы, производящие ракетное топливо, радиоактивные материалы и высокотоксичные химикаты.

К предприятиям с непрерывной технологией относятся также цементное, бетонное, целлюлозно-бумажное производства, где автоматизация наилучшим образом объединяет все процессы в общий поток, стабилизирует качество продукции, повышает коэффициент использования оборудования. Успешно автоматизируются элеваторные зернохранилища, мукомольные мельницы и другие подобные предприятия. Здесь приборы контроля и регулирования повышают качество и бесперебойность работы оборудования, а вычислительная техника способствует улучшению экономических показателей.

Изыскание прогрессивной технологии, которая даёт возможность осуществить комплексную автоматизацию, - главная задача при осуществлении ускоренного развития производства. Так, в горном деле одновременно с дальнейшим совершенствованием механических способов разрушения горных пород развиваются термический, электрический и акустический способы разрушения, создающие условия для эффективной автоматизации. Исключительно велико значение организации непрерывных потоков выемки и транспортирования породы на открытых разработках при достижении больших глубин. Развитие механических комплексов с многоковшовыми экскаваторами, транспортно-отвальными мостами и цепью ленточных конвейеров и элеваторов, объединённых единой системой автоматического управления, наиболее полно отвечает требованиям поточной технологии добычи полезных ископаемых. Создание комплекса надёжных машин непрерывного действия с высокой степенью механизации для открытых горных разработок связано с решением многих сложных задач материаловедения, горной механики, гидравлики и электротехники, динамики горных машин, конструирования и синтеза их приводных и исполнительных механизмов. Комплексная автоматизация подземной добычи угля в шахтах, оборудованных гидрофицированными крепями, проходческими комбайнами, конвейерными линиями и другими механизмами, обеспечивает высокую производительность труда и существенно улучшает его условия.

Автоматизация производства охватывает не только подвижные, но также и стационарные механизмы и установки - подъёмные машины грузового ствола, вентиляторы проветривания, насосы водоотлива, электроподстанции, котельные, механизмы разгрузки вагонеток в околоствольном дворе и погрузки угля в железнодорожные вагоны. Диспетчерская служба с высокочастотной сетью шахтной сигнализации повышает безопасность работы. Применение ЭВМ даёт возможность быстро решать сложные инженерные и экономические задачи и улучшить оперативное управление шахтой.

Физические и технические принципы, на которых основана работа горных автоматических агрегатов непрерывного действия, используются также и при создании комплексов машин для строительства каналов, тоннелей, железных и шоссейных дорог, линий труботранспорта, кабельных линий электропередач и связи и других сооружений с большим объёмом земляных работ. В результате существенно сокращается разнотипность землеройного и отвально-транспортного оборудования, унифицируются электро- и гидроприводы, а также многие механизмы, узлы и детали горных и земляных строительных машин, что имеет большое значение при Автоматизация производства

Технология обогащения полезных ископаемых при Автоматизация производства также становится непрерывнопоточной. Объединение отдельных процессов дробления, измельчения, сортировки, обезвоживания и других операций в единый непрерывный поток с автоматическим управлением и контролем основывается на изменениях физико-химических свойств минералов при различных механических, акустических, гидромеханических, тепловых, магнитных и электрических воздействиях. На этой базе создаётся экономичное высокопроизводительное оборудование автоматических обогатительных фабрик, выпускающих сырьё высокого качества, что намного сокращает потери на последующих стадиях его переработки.

В металлургии при сложившейся технологии процессы переработки полезных ископаемых осуществляются главным образом циклически. Доменный и мартеновский процессы выплавки чугуна и стали, применявшиеся ещё в 19 в., до сих пор составляют основу чёрной металлургии. Однако и в этих случаях комплексная Автоматизация производства металла существенно повышает экономические показатели. В доменном производстве практически все основные параметры измеряются и регулируются автоматически. Управление вращающимся распределителем шихты, её взвешивание, распределение газа по фурмам идут автоматически. В системе управления тепловым режимом применяются ЭВМ. В мартеновских печах обеспечивается автоматическая стабилизация расхода газов (соотношения топливо - воздух) и осуществляется автоматическое реверсирование пламени. Все действующие конверторы оборудованы автоматическими системами регулирования давления и расхода кислорода. Автоматизация конверторов с применением в системе управления вычислительных машин оптимизирует тепловой режим и увеличивает количество плавов, попадающих в заданные пределы по составу. Дуговые печи оборудованы автоматическими системами регулирования подачи кислорода, управления электродами и контроля температуры металла. Все установки электрошлакового переплава, а также вакуумные печи оснащены автоматическими регуляторами перемещения электродов. Установки непрерывной разливки стали снабжаются системами регулирования уровней металла в промежуточном устройстве и кристаллизаторе, теплового режима непрерывного слитка, мерной резки и системами управления нестационарными режимами работы. Непрерывный спектральный анализ продуктов плавки автоматическими квантометрами непосредственно у печей не зависит от косвенных показателей или запаздывающих результатов лабораторного анализа и позволяет вести процесс в оптимальном режиме. Вычислительные устройства, сопоставляя информацию, получаемую от квантометра и датчиков других показателей хода плавки, воздействуют на него, постоянно обеспечивая высокое качество металла.

На прокатных станах автоматизировано управление главным приводом, приводами нажимных устройств и вспомогательных механизмов. Применяется система безотходного раскроя металла с помощью вычислительных машин. На сортопрокатных станах автоматизированы посадка и выдача заготовок из методических печей, управление рольгангами, кантовочными устройствами и другими механизмами. Автоматизация процесса регулирования петли на проволочных станах значительно увеличивает скорость прокатки. На непрерывных станах горячей прокатки установлены автоматические средства контроля размеров и температуры проката. В трубопрокатном производстве автоматизированы нагрев и выдача заготовок, большинство операций на обкатках, калибровочных и редуccionных станах. Особо ответственные трубопрокатные производства оснащаются автоматизированными системами, которые осуществляют на движущихся трубах контроль качества без разрушения материала изделий. Кроме увеличения объёма выпуска продукции, повышения производительности труда и улучшения его условий, комплексная автоматизация металлургического производства повышает и стабилизирует качество металла.

Комплексная Автоматизация производства на основе сплошной механизации, научной организации труда, широкого применения прогрессивной технологии и вычислительной техники - основное направление технического прогресса в современном машиностроении. Автоматизируются складские и транспортные операции, входной контроль, резка и раскрой материалов, рабочие и вспомогательные операции на станках (установка и фиксация заготовки, подвод и замена инструментов, перемещение на позициях обработки и отвод готовых деталей, подналадка станков). Осуществляются автоматическое регулирование режимов обработки и активный контроль изделий на станках. Создаются станки-автоматы, в том числе с программным управлением, автоматические линейные и роторные многооперационные агрегаты, жёсткие и

гибкие автоматические поточные линии с гидравлическими, пневматическими, электрическими или комбинированными системами управления.

Технический прогресс связан обычно с частым обновлением выпускаемых изделий. Жёсткие автоматические линии не допускают смену номенклатуры изделий, поэтому получают распространение секционные линии, составленные из независимых агрегатных многооперационных станков, которые объединяются транспортёрами, элеваторами и конвейерами, оснащёнными механическими «пальцами» и «руками». Группы таких станков образуют секции и параллельные линии. При этом у каждого станка создаётся некоторый запас деталей для постоянной загрузки главного конвейера линии; уход за станками и смена инструмента производятся без её остановки. Станки делают блочными, с взаимосвязанными узлами, у которых сохраняются силовые установки, каретки и заменяются только приспособления, инструмент и некоторые блоки, зависящие от конструктивных особенностей изделия. У металлообрабатывающих станков с программным управлением полный автоматизм рабочего цикла достигается при сохранении универсальности станка: при обработке деталей различной конфигурации заменяется лишь программа, записанная на перфорированной или магнитной ленте. Сочетание программного управления с динамическим регулированием режимов резания исключает необходимость подналадки станка вследствие неточности установки инструмента или по мере его износа, повышает производительность станка и позволяет полнее использовать мощность его двигателя.

Эффективность машиностроительного производства определяется, помимо резкого сокращения трудовых затрат, также и полнотой использования материалов и энергии. Основные процессы существующей технологии обработки металлов вследствие больших припусков в литье, при прессовке и штамповке из заготовок, при обработке резанием и термообработке сопряжены с большими отходами металла и непроизводительным расходом энергии. Средства автоматики позволяют переходить к более совершенным методам производства, при которых эти потери значительно уменьшаются, а общая производительность растёт. Технологическая перестройка машиностроения преследует цель совмещения процессов нагрева, литья, пластической деформации, термических, механических, электрических и других видов обработки и сборки с транспортными и контрольными процессами для осуществления непрерывного автоматизированного производства. Электрофизические и электрохимические процессы, применение порошковой металлургии, металлокерамики, пластобетонов, полимеров, стекловолокна и других неметаллических материалов в молекулярном сцеплении с металлами стали базой прогрессивной технологии, обеспечивающей повышение непрерывности производства и способствующей Автоматизация производства.

Большой интерес представляет применение электронного и плазменного нагрева для быстрого плавления материалов, синтеза монокристаллов сверхтвёрдых веществ, термической обработки деталей в строго ограниченных объёмах и на малых участках поверхности при значительных температурах кратковременными тепловыми импульсами высокочастотного индукционного нагрева. Управляемая кристаллизация обеспечивает получение готовых изделий непосредственно из материалов в жидкой фазе. Применение электрогидравлического эффекта для образования импульсов высокого давления позволяет осуществлять быструю пластическую деформацию материалов при изготовлении деталей путём высадки, а также холодную сварку металлов. Электроэрозионные процессы во многих случаях (особенно для специальных сплавов, плохо поддающихся обработке резанием) заменяют механическую обработку: они существенно увеличивают скорость и точность обработки и значительно сокращают непроизводительный отход металла в стружку и расход энергии. Обработка методами пластической деформации, электротехническими, электрохимическими, химическими, гидравлическими и другими, более эффективными процессами, хотя и вытесняет в машиностроительной технологии обработку резанием, но не исключает необходимости её совершенствования. Развитие процессов резания на автоматическом оборудовании требует научного обоснования повышения скоростей и точности токарной, фрезерной, строгальной, шлифовальной и других видов обработки. Изучение динамических и тепловых факторов взаимодействия материала с инструментом определяет оптимальные режимы, которые должны устанавливаться автоматическими устройствами.

Окончательная отделка готовых изделий и нанесение на них защитных покрытий в потоке автоматического производства связаны с технологией электрического полирования, анодирования, катодного распыления металлов, химического нанесения металлов, электрической окраски. Современные комплексы оборудования для нанесения гальванических покрытий представляют собой цехи-автоматы.

Автоматизация сборочных процессов - одна из наиболее сложных и актуальных проблем машиностроения. Она не только даёт большой экономический эффект, но и способствует значительному повышению надёжности изготавливаемых машин, аппаратов и приборов, т. к. в этом случае процесс сборки не зависит от квалификации сборщика. Однако автоматизация сборки требует высокой степени взаимозаменяемости деталей и узлов, при условии, что особенности технологии автоматизированной сборки учитываются уже в процессе конструирования изделий, проектирования машин, аппаратов и приборов. В наибольшей степени условиям автоматизации отвечают модульные и блочные конструкции, печатный монтаж электрических схем, широкое применение неразъёмных соединений на основе запрессовки, холодной сварки и склеивания, а также замены болтовых и винтовых соединений технологически

прогрессивными и более удобными в эксплуатации разъёмными соединениями. Качество собранных узлов и изделий в целом непрерывно контролируется в ходе автоматической сборки.

В машиностроении, как и в других отраслях, Автоматизация производства охватывает не только технологию, но и технико-экономическую деятельность предприятия: планирование, материально-техническое снабжение, подготовку производства, учёт и оперативное управление. Так, в сфере оперативного управления автоматизируются учёт и обработка документов для составления календарного плана, сменного задания, контроля за сохранением уровня нормативных запасов деталей, материалов, инструмента и т.д. Автоматизируется также составление оптимальных квартальных, годовых и перспективных планов производства с учётом всех технико-экономических показателей.

К машиностроению по характеру производства примыкают электротехническая, электронная и радиопромышленность, а также приборостроение, представляющие собой разновидности дискретного производства со специфическими особенностями, свойственными технологии обработки магнитных, проводниковых, полупроводниковых и изоляционных материалов, а также электровакуумной технологии. Обмоточные и изоляционные работы, занимающие особое место в этих отраслях, в значительной мере автоматизированы; многие изделия изготавливаются специализированными автоматами, сборка ведётся на автоматических линиях.

Полностью автоматизировано массовое производство радиодеталей, электронных ламп, ионных приборов, электроннолучевых трубок, транзисторов, печатных плат и узлов, печатный монтаж модулей для радиоэлектронной аппаратуры, в том числе и для электронных вычислительных машин и др. Изготовление элементов микроэлектроники, плёночных и твёрдотельных блоков и интегральных схем возможно только на достаточно гибком быстроперенастраиваемом оборудовании, допускающем переход на различные модификации изделий и непрерывное совершенствование технологического процесса.

В лёгкой промышленности применяют локальные системы автоматического контроля и регулирования. Технология большинства процессов развивается в направлении комплексной Автоматизация производства, создаются высокопроизводительное автоматизированное оборудование и автоматизированные системы управления предприятиями с применением ЭВМ. В хлопкопрядении все процессы от питания из кип до прядения автоматизированы, в камвольно-шерстяном и суконном производствах установлены автоматические линии приготовительно-прядильных отделов. Применяют высокоэффективное автоматическое ткацкое оборудование, скоростные бесчелночные ткацкие станки. Автоматизация отделочного производства на фабриках-автоматах связана с развитием новых методов беления и крашения волокна в массе и пряже, эффективных процессов браковки и сортировки полуфабрикатов и готовых изделий. Обувная, галантерейная и другие отрасли лёгкой промышленности располагают высокопроизводительным автоматизированным оборудованием, на котором идёт массовый выпуск разнообразных изделий.

Автоматические блочные агрегаты для получения синтетических материалов и машины для производства готовых изделий из местного исходного сырья применяются не только на крупных химических, текстильных и других комбинатах, но и на небольших комплексных предприятиях по выпуску одежды, обуви, галантереи, посуды и др. При этом такие сложные процессы, как образование искусственных волокон, прядение, ткачество, вязка и шитьё, заменяются более прогрессивными с точки зрения их автоматизации - прокатом, вытяжкой и склеиванием. Блочные автоматические линии, изготавливающие синтетические материалы и вырабатывающие из них товары нужного ассортимента, позволяют комплектовать местные фабрики в соответствии с уровнем спроса. Программное управление обеспечивает быструю смену фасонов, отделки и других показателей, отвечающих требованиям покупателей. При этом значительно сокращаются накладные расходы и достигается хорошее соответствие характеристик производимых материалов заданным показателям выпускаемых изделий, что необходимо для поддержания их высокого качества и минимальных отходов материалов в производстве.

Важным фактором повышения качества и питательных свойств продуктов служит автоматизация производства в сфере общественного питания. Создание автоматических установок для прямой переработки сельскохозяйственной продукции в пищевые полуфабрикаты, кулинарные изделия и даже готовые блюда способствует лучшему сохранению питательных и вкусовых качеств исходных продуктов с наименьшими потерями. Важнейшее направление в комплексной автоматизации пищевой индустрии - переход от периодических процессов с большим числом операций к непрерывным потокам, химизация производства, применение полиэлектролитов и ферментов для ускорения фильтрации соков, сублимации - для обезвоживания, ультразвука - для эмульгирования и экстрагирования, электронных потоков и радиоактивных излучений - для стерилизации, высокочастотных магнитных и электрических полей и инфракрасных лучей - для нагрева, и др.

Оснащение комплексными автоматическими установками пищевой промышленности, предприятий по первичной переработке сельскохозяйственной продукции и предприятий общественного питания резко сокращает потери и лучше сохраняет качество продуктов питания на различных этапах реализации. В сельском хозяйстве эффективны мобильные и стационарные автоматические агрегаты и линии для переработки и упаковки преимущественно скоропортящихся продуктов, которые не могут быть своевременно реализованы без потерь. На предприятиях общественного питания устанавливается автоматическое оборудование для приготовления блюд из полуфабрикатов в количествах, соответствующих

уровню потребления в каждый данный момент. Распространённые в пищевой промышленности субъективные визуальные методы химико-технологического и микробиологического контроля и анализа заменяют скоростными объективными методами для непосредственного автоматического управления технологическими процессами. При этом важно определение качества сырья, промежуточных полупродуктов и готовой продукции не только по их физико-химическим параметрам, но также и по вкусовым и ароматическим свойствам и концентрации полезных и вредных микроорганизмов.

Обеспечение высококачественным сырьём лёгкой и пищевой промышленности, а также предприятий общественного питания связано с соблюдением оптимальных агротехнических сроков ведения сельскохозяйственных работ. На небольших сельскохозяйственных участках эффективно применение клавишных вычислительных и счётно-аналитических машин, в крупных хозяйствах - ЭВМ. Сочетание прогрессивной технологии с современными методами управления способствует непрерывному росту производительности труда в сельском хозяйстве.

Быстрейшая реализация при сохранении качества выпущенных товаров во многом зависит от оперативности и технической оснащённости массовой торговой сети. Применение ЭВМ при анализе спроса и его удовлетворения существенно помогает промышленности планировать производство и распределять продукцию. Оснащение торговой сети и её транспортной службы автоматизированной диспетчерской связью с запоминающими устройствами и системой контроля ускоряет доставку товаров от поставщиков к потребителям. Автоматизированное оборудование складов для стабилизации условий хранения, адресного перемещения грузов и контроля баланса движения материальных ценностей сокращает потери. Автоматизация контрольно-кассовых, фасовочных и упаковочных операций, а также выдачи покупок существенно снижает издержки обращения. Для реализации промышленной продукции в местах периодического скопления населения применяются торговые автоматы. Автоматизация процессов в сфере массового обслуживания облегчает быт, расширяет возможности для культурного отдыха и, повышая работоспособность человека, увеличивает производительность труда.

Автоматизация на транспорте

Вследствие автоматизации производства возрастает объём выпускаемой продукции, увеличивается грузооборот и повышаются требования к транспорту. Рост грузовых и пассажирских перевозок связан с расширением сети всех видов транспорта и ускорением движения на существующих линиях. Соблюдение напряжённых графиков и безопасности движения поездов наиболее успешно обеспечивается автоматизацией управления процессами эксплуатации железнодорожного транспорта (см. Автодиспетчер). Механизация погрузочно-разгрузочных работ и автоматическая горочная сортировка вагонов существенно облегчают и ускоряют составление товарных поездов. Автоматизация обработки транспортных документов и продажи билетов упрощает обслуживание клиентуры и пассажиров. Телемеханизация диспетчерской службы, совершенствование техники автоблокировки, локомотивной сигнализации и автостопов повышают безопасность движения. Устройство для автоматического вождения поездов («Автомашинист») способствует оптимизации режимов вождения поездов с учётом профиля пути и условий движения. Бесперебойность энергоснабжения электрифицированных дорог обеспечивается автоматизацией тяговых подстанций.

Автоматизация на других видах транспорта также прежде всего облегчает и ускоряет все виды трудоёмких работ в портах, на пристанях, станциях и аэродромах. Повышаются эффективность диспетчерских служб, безопасность и регулярность движения, качество обслуживания, улучшается использование транспортных единиц и снижаются эксплуатационные расходы. Технические средства автоматизации на транспорте весьма разнообразны - от простейших регуляторов и измерительных устройств до бортовых цифровых вычислительных машин, которыми оснащаются крупные суда и самолёты. Современное грузовое или пассажирское судно представляет собой сложный комплекс энергетического, грузоподъёмного, санитарно-технического, навигационного и другого оборудования, в котором измерительные приборы и устройства автоматики являются неотъемлемой частью. Все они объединяются системами контроля, регулирования и управления и подчиняются единому командному пункту. Самолёт как летательный аппарат и транспортная единица также оснащается автоматическими устройствами для безопасности и экономичности полётов, нормальных условий работы экипажа и комфорта пассажиров. Это достигается автоматическими пилотажными, навигационными и другими системами самолётовождения, регуляторами режимов работы двигателей и внутреннего оборудования. Воздушный флот - наиболее удобный вид транспорта, но его полноценное использование осложнено рядом трудностей. Высокая скорость воздушных перевозок требует такой же быстрой доставки к самолётам пассажиров и грузов. Здесь необходима гибкая система выявления и распределения по пунктам отправления свободных мест в соответствии с расписанием полётов, своевременная продажа билетов и т.д. Эти и аналогичные задачи достаточно эффективно решаются с помощью АСУ «Сирена».

Непрерывный рост автомобильного транспорта в ряде стран уже привёл к такому положению, когда автомобиль из самого быстрого наземного средства сообщения превратился во многих крупных городах, таких, например, как Нью-Йорк, Лондон, Токио и др., в самый медленный вид транспорта, т. к. улицы и подъездные дороги уже не в состоянии свободно пропускать огромный поток легковых и грузовых машин. Локальные светофоры, переключаемые от реле времени, и центральное управление ими не справляются с заторами. Появилась необходимость в автоматическом регулировании уличного движения с учётом его

интенсивности и плотности потоков по направлениям средствами радиолокации, оптики, телемеханики и вычислительной техники. Автоматизация управления движением в городах и на шоссейных дорогах значительно улучшает эксплуатационные и экономические показатели безрельсового транспорта.

Выводы

Любая отраслевая АСУ объединяет организацию работ по управлению с техническими средствами, информационной базой и математическим обеспечением. Информационная база системы характеризуется различными потоками нормативно-справочной, оперативно-производственной, отчётной и аналитической информации; основана на унификации документов, применении единых форм, пригодных к обработке средствами вычислительной техники, и применении машинных носителей информации в качестве первичной документации. Общее математическое обеспечение системы представляет собой комплекс программ, организующих работу технических средств, которые функционируют в системе, а также математические и логические методы и программы для решения конкретных задач производства.

Отраслевые АСУ, базирующиеся на вычислительные центры отрасли, автоматизация управленческих работ, систематический анализ развития производства, выполнения плановых заданий и использования материальных ценностей, развитая сеть информационных вычислительных центров, обслуживающих территориально удалённые объекты, создают реальные условия для организации автоматизированного управления народным хозяйством страны.

Дальнейшее развитие автоматизации неизбежно, т.к. без нее уже не мыслима какая-либо производственная форма существования. Автоматизировано практически все: от «нано-технологий» до бытовых кухонных приспособлений, разница лишь в уровне. Все автоматизированные процессы с каждым годом усложняются и дорабатываются, модернизируются и совершенствуются и так будет всегда, пока человек - есть человек разумный.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Основные определения и задачи автоматизированного производства»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Механизация производственных процессов в тракторо- и автомобилестроении.
2. Автоматизация производственных процессов в тракторо- и автомобилестроении.
3. Три уровня автоматизации производства: частичная, комплексная и полная.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Механизация производственных процессов в тракторо- и автомобилестроении.

На протяжении всего периода применения компьютеров и компьютерных систем существует тенденция создания высоконадежных управляющих комплексов, ориентированных на получение и использование информационных ресурсов. Эта тенденция выразилась в мощном процессе создания различных видов автоматизированных систем как встроенных в уникальные объекты информационно-технологических комплексов. Это направление является важнейшим в проведении крупных мероприятий по совершенствованию технической и технологической базы систем управления, а также использованию новых методов организации управления, создания автоматизированных производств, основанных на широком применении современного программно-управляемого технологического оборудования, микропроцессорных управляющих вычислительных средств, роботов и промышленных робототехнических систем, средств автоматизации проектно-конструкторских, технологических, организационных и планово-производственных работ.

В научно-техническом отношении на этом этапе для достижения показателей надежности осуществляется синтез ряда разрозненно развивающихся направлений, таких как АСУП (системы автоматизации организационного управления предприятием), САПР (автоматизация проектирования и конструирования), СЧПУ (системы числового программного управления), АСУ ГПС (автоматизированная система управления гибкими производственными системами).

Применение вычислительной техники и средств автоматизации организационных и технологических процессов достигло такого уровня, что был поставлен вопрос о надежной крупномасштабной системной автоматизации на основе компьютерных систем. В этот период были созданы АСУП на базовых предприятиях ведущих отраслей.

При этом, поскольку проблемы надежности функционирования еще не стали основой разработки АСУ, нельзя было точно ответить, где именно и в какой степени проявится наибольший эффект от внедрения новых информационно-технологических средств — в самой технологии или в областях, связанных с организацией, технологией и управлением производства или с проектно - конструкторской и исследовательской деятельностью.

Ориентация на надежность потребовала изучения специфики автономного развития следующих направлений автоматизации: автоматизация обработки информации — автоматизированные системы управления организационными процессами (АСУП), системы автоматизированного проектирования и конструирования (САПР), автоматизация производства на базе использования технологического оборудования с компьютерным управлением (АСУ ГПС), автоматизированные системы управления технологическими процессами в дискретном производстве (АСУ ТП).

Переход к созданию интегрированных систем поставил ряд сложных проблем, связанных прежде всего с тем, что такие системы должны обеспечивать надежное согласованное функционирование территориально рассредоточенных автоматизированных систем с разными показателями надежности различного функционального назначения, базирующихся на разнородной вычислительной технике и взаимодействующих между собой средствами коммуникации.

Организационной основой информатизации управления стало развитие специализации и кооперации производства, гарантирующее надежность элементов АС и их сопряжение в новых перспективных технологиях, создание интегрированной системы управления, охватывающей все стадии жизненного цикла продукции: от формирования заказа на изделие до его поставки и обслуживания у потребителя.

Создание ИАСУ следует рассматривать как новый этап в надежной информатизации технологий управления, основанный на использовании достижений в создании надежных компонент, накопленного опыта разработки и внедрения надежных и эффективных автономных автоматизированных систем, предназначенных для различных видов производственно-хозяйственной деятельности объектов.

Анализ опыта создания надежных АСУ как этапа на пути к информационным ресурсам, формирование которых возможно лишь в рамках надежных компонентов и системных технологий, позволяет сделать вывод о том, что на их основе сложился начальный рынок относительно надежных технологий информационных компонентов (базы данных, комплексы вычислительной техники, типовые проектные решения). Однако с системных позиций теории информационных ресурсов, этот этап может быть отнесен по качественным результатам к процессам натурных исследований проблемных ситуаций. Тогда информация о состояниях параметров надежности альтернатив, которая концентрировалась и обрабатывалась в АСУ, могла рассматриваться лишь как компонент проектного и исследовательского информационного ресурса.

Принципиальные экономические ограничения деятельности фазы натурных исследований при разрешении проблемных ситуаций привели к естественному сужению этого направления информатизации технологий управления, не поддержанного своевременно экспертно-консалтинговым и модельным методами разрешения проблемных ситуаций. Кроме того, область высокой неопределенности, в которой осуществляются операции натурных исследований, надежные альтернативы, разрешение проблемных ситуаций (ПС) было с помощью АСУ возможно лишь с высоким риском, что снижало их реальную и информационную эффективность (рис. 1.).

Динамика развития автоматизированных систем разных классов существенно зависит от степени решения двух важнейших аспектов надежности автоматизированных систем — элементной надежности и системной надежности, включая надежность персонала АС.

Несо согласованность решения этих проблем породила своеобразную динамику создания систем, отображающих общие закономерности развития надежности, включающей фазы надежной технологии, элементной и системной надежности и перехода к фазе использования нового поколения элементов.

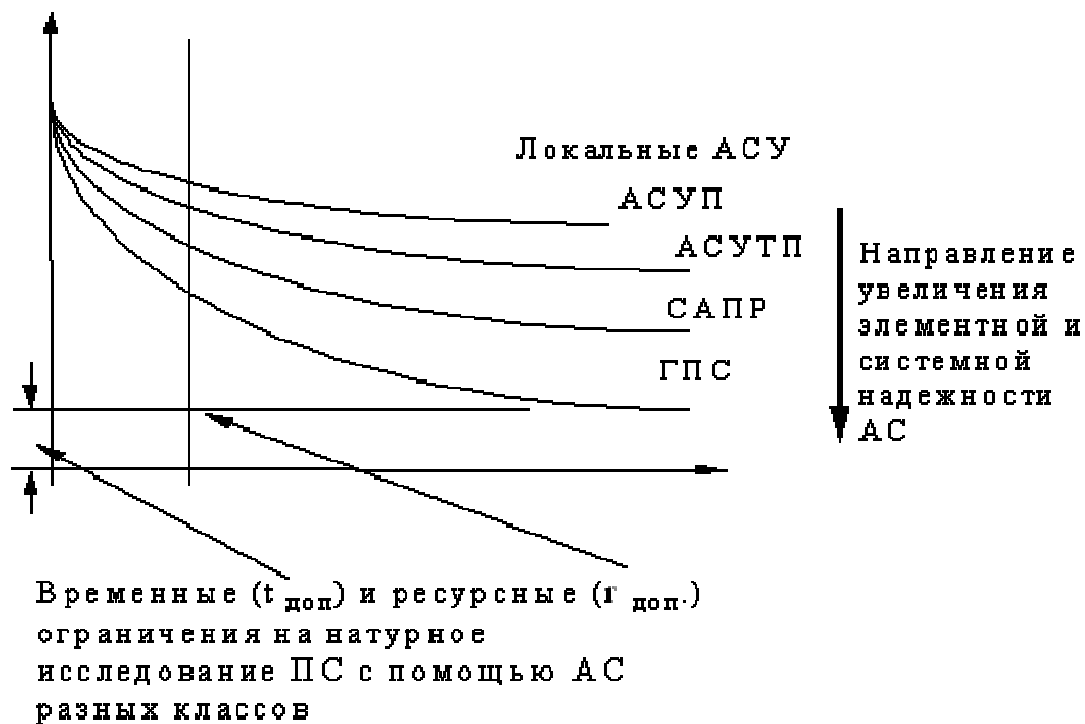


Рис. 1. Схема изменения неопределенности ПС при использовании АСУ разных классов как средств информатизации

Другое направление информатизации технологий управления связано с формированием экспертных информационных компонентов в целях получения информационных ресурсов. Это направление связано непосредственно с бумом развития экспертных систем (ЭС) в 80-90 гг. прошлого столетия как систем искусственного интеллекта, а также с решением проблем надежного функционирования персонала АС. Экспертные системы направлены на повышение надежности локального системного функционирования персонала АС.

Экспертные компьютерные системы-оболочки создали многомиллиардную нишу рынка средств искусственного интеллекта. Были созданы экспертные системы-оболочки (ГУРУ, Интерэксперт и др.), которые стимулировали создание авторских вариантов ЭС как интеллектуальной собственности. На рынке появились демонстрационные версии ЭС (50 - 100 решающих правил), отдельные промышленные версии.

Однако и здесь игнорирование методов надежного экономического, технологического и организационного синтеза информационных компонентов для формирования информационных ресурсов вело к неизбежному затуханию интенсивности работ этого содержательного, но локального этапа на пути к созданию и использованию информационных ресурсов

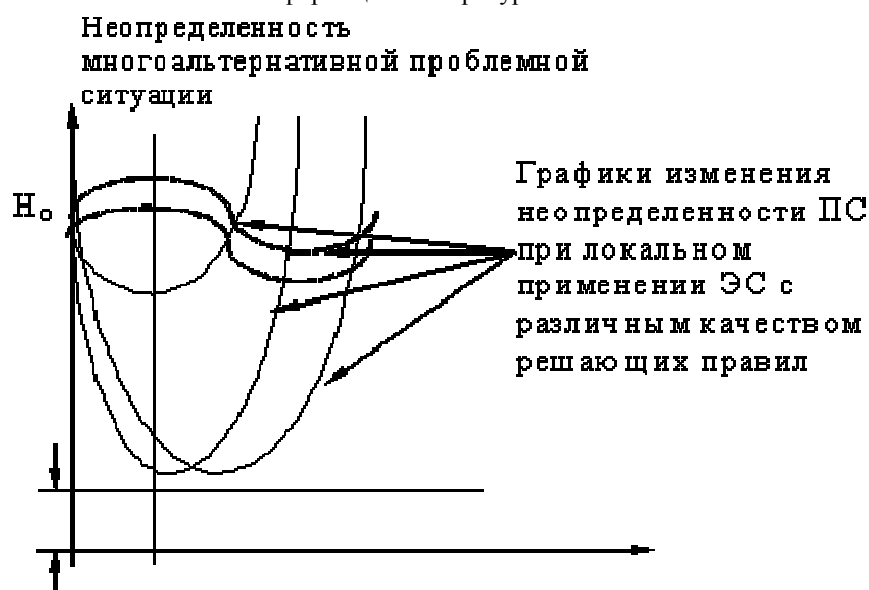


Рис.2. Изменения неопределенности ПС в процессе локального применения компьютерных экспертных систем

Локальное применение ЭС без предшествующего натурного исследования вело на начальных этапах к росту неопределенности, отсутствию области конкордации (согласия) экспертных оценок по фиксированным решающим правилам, невозможности корректного осуществления остановки экспертизы и как результат - к деградации и временному сужению ниши рынка ЭС на рынке знаний.

Третье важнейшее направление развития информационных компонентов для формирования информационных ресурсов связано с созданием алгоритмических комплексов, экономико-математических моделей. На территории СНГ это направление связано, прежде всего, с деятельностью Центрального экономико-математического института АН РФ, Института проблем управления (автоматики и телемеханики) АН РФ, ЦНИИТУ и НИИ экономико-математических методов (г. Минск) и других организаций. Активно занимались моделями информатизации ведущие зарубежные центры — практически все университеты, в том числе Гарвардский университет, Массачусетский технологический институт.

Были созданы комплексы впечатляющих, но локальных моделей без должных интерфейсов с системами натурного исследования проблем (планирование эксперимента) и экспертными системами. Созданные локальные модели на локальных примерах демонстрировали адекватность, однако их применение без соблюдения логической последовательности создания других надежных компонентов для формирования информационных ресурсов вело к возрастанию неопределенности на начальных этапах применения моделей, и, в силу естественных экономических и временных ограничений, привело к остановке модельных исследований конкретных ПС еще до их разрешения (рис.3.).

Необходимо отметить, что анализ локального применения трех ненадежных основных информационных компонент для формирования и использования ИР указывает путь и позволяет прогнозировать новый этап информатизации, основанный на интеграции экономических и информационно-технологических предпосылок. Комплексно взаимосвязанное с надежными интерфейсами применение надежных технологий интегрированных информационных систем, обеспечивающих ограниченное, управляемое надежное осуществление натурного исследования ПС, ориентировано на согласованные надежные экспертно - консалтинговые процедуры, согласование и применение надежных моделей.

t доп.

R доп.

H доп.

Время, ресурсы

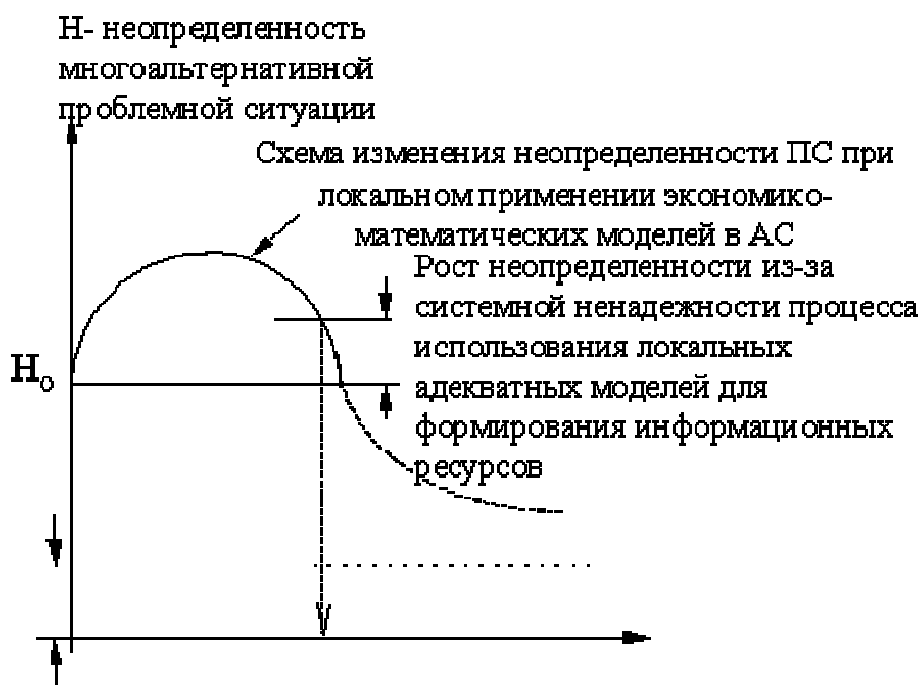


Рис. 3. Изменение неопределенности ПС в процессе локального применения компьютерных экспертных систем

В таких ИАСУ надежность достигается за счет точного плана, ограниченного натурного исследования ПС, за счет ЭС с управляемой процедурой оценки (конкордации) точки согласия и применения экспертных правил остановки экспертизы, что исключает катастрофический рост неопределенности из-за неограниченности экспертных суждений и выхода эксперта за область компетенции при разрешении ПС, за счет надежного интерфейса консалтинговой ЭС с адекватным (надежным) моделирующим комплексом. Это

позволяет ограничивать начальный рост неопределенности за счет ненадежных операций, осуществляет управляемые правила остановки операций разрешения ПС, определяет точки начала и конца области информационных ресурсов. Создание партнерской системы осуществляет реальное получение и использование ИР для разрешения ПС.

При этом за счет согласованности и надежности операций взаимное влияние комплексов натурного, экспертного и модельного этапов разрешения проблемной ситуации проявляется через синергетический эффект. В этом случае экономический эффект информационных ресурсов связан с акселерацией и мультипликацией в экономических системах. Результаты согласованных взаимодействий интегрированных натурного, экспертного и модельного компонентов ведут к возникновению в результате функционирования АСУ важнейшей экономической категории - информационных ресурсов — субститута другим ресурсам для разрешения ПС.

Таким образом, для успешного разрешения проблемных ситуаций, возникающих в процессе управления, должны быть созданы надежные автоматизированные системы управления, снижающие риск принятия неверных решений до минимума. Динамика развития автоматизированных систем, объем их рынка существенно зависят от успешного решения проблем надежности компонентов и системной надежности, надежных технологий их функционирования.

2. Автоматизация производственных процессов в тракторо- и автомобилестроении.

Обеспечение необходимого уровня надежности требует проведения специального комплекса работ, выполняемых на разных стадиях создания и эксплуатации систем управления.

При решении вопросов, связанных с обеспечением требуемого уровня надежности АСУ, учитываются следующие особенности:

- каждая АСУ является многофункциональной системой, функции которой имеют существенно различную значимость и, соответственно, характеризуются разным уровнем требований к надежности их выполнения;
- возможно возникновение некоторых исключительных (аварийных, критических) ситуаций, представляющих сочетание отказов или ошибок функционирования системы и способных привести к значительным нарушениям функционирования объекта управления (авариям);
- в функционировании АСУ участвуют различные виды ее обеспечения и персонал, которые могут в той или иной степени влиять на уровень надежности системы управления;
- в состав каждой АСУ входит большое количество разнородных элементов: технических, программных, эргатических и др., при этом в выполнении одной функции АСУ обычно участвуют несколько различных элементов, а один и тот же элемент может участвовать в выполнении нескольких функций системы.

При решении вопросов надежности АСУ количественное описание, анализ, оценку и обеспечение надежности проводят по каждой функции АСУ в отдельности. В необходимых случаях используют также анализ возможности возникновения в системе аварийных ситуаций, ведущих к значительным техническим, экономическим или социальным потерям вследствие аварии объекта управления (или автоматизированного комплекса в целом).

Функции АСУ подразделяют на простые и составные. Для некоторых АСУ возможно построение составной функции наиболее общего вида, отображающей функционирование АСУ в целом.

Перечень функций и видов их отказов, по которым задаются требования к надежности конкретной АСУ, а также критерии этих отказов устанавливает заказчик по согласованию с разработчиком и вносит в техническое задание (ТЗ на АСУ). Для установления критериев отказов составляют перечень признаков или параметров, по которым может быть обнаружен факт возникновения каждого отказа, а при необходимости — количественных (критериальных) значений этих параметров.

Если для некоторой функции АСУ определено несколько видов отказов, существенно различающихся по причинам возникновения или по вызываемым ими последствиям, то безотказность и ремонтпригодность по этой функции задают отдельно по каждому виду отказов. При этом критерии отказов устанавливают по каждому виду отказов.

Перечень рассматриваемых аварийных ситуаций, по которым задают требования к надежности, составляет заказчик по согласованию с разработчиком и вносит в техническое задание с указанием, при каких условиях эксплуатации рассматривают возникновение каждой из приведенных аварийных ситуаций.

Уровень надежности АСУ зависит от надежности и других свойств ее технического обеспечения (комплекса технических средств), программного обеспечения и персонала, участвующего в функционировании АСУ.

Уровень надежности АСУ зависит от следующих основных факторов:

- состава и уровня надежности используемых технических средств, их взаимосвязи в надежностной структуре комплекса технических средств АСУ (КТС АСУ);
- состава и уровня надежности используемых программных средств, их содержания (возможностей) и взаимосвязи в структуре программного обеспечения АСУ (ПО АСУ);

- уровня квалификации персонала, организации работы и уровня надежности действий персонала АСУ; рациональности распределения задач, решаемых системой, между КТС АСУ, ПО АСУ и персоналом АСУ;
- режимов, параметров и организационных форм технической эксплуатации КТС АСУ;
- степени использования различных видов резервирования (структурного, информационного, временного, алгоритмического, функционального);
- степени использования методов и средств технической диагностики; реальных условий функционирования АСУ.

Совокупность технических, программных и эргатических элементов АСУ (технических и программных средств и части персонала АСУ), выделяемая из всего состава АСУ по признаку участия в выполнении некоторой (i -й) функции системы, образует i -ую функциональную подсистему АСУ (ФП АСУ). [1]

Анализ надежности АСУ в реализации ее функций проводят по каждой ФП АСУ в отдельности с учетом уровня надежности и других свойств входящих в нее технических, программных и эргатических элементов.

Выбор состава показателей надежности АСУ производят на основе установленных техническим заданием перечня функций системы, перечня видов их отказов и перечня аварийных ситуаций, по которым регламентируют требования к надежности.

Требуемые численные значения выбранных показателей надежности АСУ (требования к надежности) устанавливаются по определенным критериям на основе анализа влияния отказов АСУ в выполнении ее функций и аварийных ситуаций на эффективность функционирования автоматизированного комплекса (АСУ и объект управления) в целом, а также затрат, связанных с обеспечением надежности.

Оценку надежности АСУ проводят на различных стадиях создания и эксплуатации АСУ.

При разработке АСУ проводят проектную (априорную) оценку надежности системы. При опытной и промышленной эксплуатации АСУ проводят экспериментальную (апостериорную) оценку надежности системы.

Оценку надежности АСУ производят с учетом надежности КТС АСУ и, при необходимости, с учетом надежности ПО АСУ и действий персонала АСУ. Необходимость учета надежности ПО АСУ и действий персонала АСУ при оценке надежности АСУ на разных стадиях создания и эксплуатации устанавливают техническим заданием на АСУ.

3. Три уровня автоматизации производства: частичная, комплексная и полная.

Виды автоматизации

Частичная (начальная) - обеспечивает автоматизацию рабочего цикла машин или использование автомата в автономном режиме, автоматизируется работа отдельных машин и механизмов (в первую очередь автоматизируются основные технологические операции).

Комплексная - это уровень автоматизации производства, при котором весь комплекс операций производств. процесса, включая транспортирование и контроль продукции, осуществляется системой автоматических машин и технологических агрегатов по заранее заданным программам и режимам с помощью различных автоматических устройств, объединённых общей системой управления. Это может быть единый взаимосвязанный комплекс (участок, цех, завод, комбинат, электростанция, птицефабрика и т. п.), в котором предусмотрена комплексная автоматизация операций производственного процесса.

Полная - высшая ступень автоматизации, которая предусматривает передачу функций управления и контроля комплексно-автоматизированным производством автоматическим системам управления. Широко используются компьютерно интегрированные автоматизированные системы (СІМ-Computer Integrated Manufacturing), (ТІА- Totally Integrated Automation), позволяющие унифицировать получение, передачу, использование информации о производстве на всех уровнях с целью получения максимальных эффективности производства. Создаются автоматические участки, цеха, заводы с широким использованием микропроцессорной техники и компьютеров, которые объединены информационными сетями.

1. 3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: Основные характеристики автоматизированного производственного процесса.

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Степень автоматизации в тракторо- и автомобилестроение, и её деление на цикловые, рабочие и эксплуатационные.

2. Определение и расчет уровня автоматизации отдельного станка, системы станков или производственного процесса.
3. Гибкость производственного процесса или оборудования.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Степень автоматизации в тракторо- и автомобилестроении, и её деление на цикловые, рабочие и эксплуатационные.

Автоматизация технологического процесса — совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

Как правило, в результате автоматизации технологического процесса создаётся АСУ ТП.

Основа автоматизации технологических процессов — это перераспределение материальных, энергетических и информационных потоков в соответствии с принятым критерием управления (оптимальности).

Частичная автоматизация — автоматизация отдельных аппаратов, машин, технологических операций. Производится когда управление процессами вследствие их сложности или скоротечности практически недоступно человеку. Частично автоматизируются как правило действующие оборудование. Локальная автоматизация широко применяется на предприятиях пищевой промышленности.

Комплексная автоматизация — предусматривает автоматизацию технологического участка, цеха или предприятия функционирующих как единый, автоматизированный комплекс. Например, электростанции.

Полная автоматизация — высшая ступень автоматизации, при которой все функции контроля и управления производством (на уровне предприятия) передаются техническим средствам. На современном уровне развития полная автоматизация практически не применяется, так как функции контроля остаются за человеком. Близкими к полной автоматизации можно назвать предприятия атомной энергетики.

Основные понятия и определения. Механизация и автоматизация производства. Автоматические и автоматизированные процессы и оборудование. Степень автоматизации. Автоматы и полуавтоматы. Понятие о рабочем цикле. Автоматический рабочий цикл. Симметричный и асимметричный циклы, их применение.

Эффективность автоматизации. Цель и задачи. Современное состояние и направление развития автоматизации.

Пути повышения производительности труда в серийном производстве, особенности его автоматизации. Актуальность разработки ГПС, требования, предъявляемые к ним со стороны техпроцесса. Основные количественные характеристики автоматизированных технологических процессов. Производительность механообработки и сборки. Разновидности и методика определения. Гибкость как основная характеристика серийного автоматизированного производства. Ее виды и методика расчета. Связь видов производства и применяемого технологического оборудования. Взаимосвязь основных характеристик. Оборудование специальное, специализированное, унифицированное. Особенности технологического оборудования, применяемого в автоматизированном машиностроении. Агрегатирование как одно из направлений повышения эффективности автоматизации, его сущность и преимущества. Унификация узлов и агрегатов технического оборудования. Агрегатные станки и их устройство, порядок работы, технологические возможности. Разновидности компоновок станков в соответствии с конфигурацией обрабатываемых деталей. Агрегатные силовые головки, их классификация, назначение и особенности встраивания в проектируемое автоматизируемое оборудование. Механические (плоскокулачковая и винтовая) силовые головки. Схема устройства и принцип действия. Гидравлическая силовая головка, ее устройство и принцип действия. Пневмогидравлическая силовая головка, ее устройство и принцип действия. Пневматическая силовая головка (пневмотурбинка). Ее устройство и принцип действия. Многопозиционные столы как основная часть агрегатного станка. Назначение, устройство и принцип действия на примере поворотного стола с мальтийским механизмом.

Модульный принцип создания оборудования с числовым программным управлением. Разновидности и технологическое назначение стандартных модулей. Автоматические линии, их признаки и разновидности. Линии с жесткой и гибкой связью. Классификация. Обеспечение надежности работы. Роторные автоматические линии непрерывного действия. Устройство и принцип действия рабочих и транспортных роторов.

Транспортные системы, их разновидности при использовании составе автоматических линий. Верхний и продольный (вынесенный) транспорт как разновидность средств межоперационного транспортирования.

Лотки как простейшее средство транспортирования деталей. Условия прохождения деталей по лотку. Пневмолотки, их преимущества, вибротолки. Транспортные системы удаления стружки из зоны резания и от станков. Примеры способов.

Спутниковый и беспутниковый методы транспортирования деталей. Конструктивные решения спутников. Погрешности, возникающие при использовании спутников и борьба с ними. Кодирование спутников. Автоматизированные загрузочные устройства - важнейшая часть механообрабатывающей системы. Классификация устройств загрузки. Питатели. Вибробункер, его область применения, устройство и принцип действия. Использование предбункеров, их преимущества. Автоматизация процессов сборки деталей. Проблемы, возникающие в связи с особенностями сборочных процессов. Методы и средства доставки деталей в позицию сборки и их ориентации. Последовательность построения размерных связей.

Структурная схема и порядок работы сборочного промышленного робота. Требования к автоматическому сборочному оборудованию. Определении длительности рабочего цикла. Условие выполнения автоматической сборки по точности (геометрическое). Учет элементарных погрешностей, определяющих суммарное значение погрешности несовпадения осей сопрягаемых деталей. Динамическое условие осуществления сборки цилиндрических деталей. Повышение безотказности процесса соединения деталей посредством устройств адаптации. Автоматический контроль точности размеров и формы деталей. Разновидности контроля. Использование информации, полученной при контроле, Системы автоматического контроля при механообработке. Контроль при внутреннем шлифовании. Схема и порядок работы. Контроль при хонинговании. Реализация прямого и косвенного методов контроля, их достоинства и недостатки. Применение автоподналадчиков и возможность управления точностью обработки деталей. Блок-схема устройства автоподналадчика. Выбор методов управления автоматизированным технологическим оборудованием. Диспетчирование, планирование и организация управления автоматизированным производством в машиностроении. Экономический анализ при выборе объектов автоматизации и роботизации производства. Основные показатели.

2. Определение и расчет уровня автоматизации отдельного станка, системы станков или производственного процесса.

По типу связи между агрегатами различают автоматические линии с жесткой и гибкой связью. В линиях с жесткой связью отсутствуют межоперационные заделы заготовок, при выходе из строя одного станка останавливается вся АЛ. В автоматических линиях с гибкой связью имеются межоперационные заделы заготовок, отсутствует жесткое координирование во времени работы агрегатов, останов какого-либо агрегата не вызывает простоя всей АЛ.

По возможности переналадки автоматические линии делят на переналаживаемые и непереналаживаемые. На переналаживаемых автоматических линиях периодически производится переналадка оборудования с обработки заготовки одного типа на другой. По виду обрабатываемых заготовок различают АЛ для обработки корпусных заготовок, заготовок типа тел вращения.

Обрабатываемые на автоматических линиях заготовки должны быть технологичными, стабильной конструкции, допускающими минимальное число базирований. Задача тщательно спроектированного технологического процесса-добиться синхронизации работы отдельных станков и позиций, что достигается применением комбинированного инструмента, согласованием режимов резания на отдельных операциях, разделением видов обработки и т. д.

Применение автоматических линий позволяет снизить себестоимость обработки; сокращаются число рабочих, число станков и производственные площади. На АЛ в настоящее время обрабатывается большая часть сложных корпусных заготовок, например цилиндры и головки блоков автомобильных и тракторных деталей, карданные автомобильные и железнодорожные подшипники. По сравнению с агрегатными станками линии из них эффективнее в несколько раз. Обработка на комплексных АЛ заготовок типа тел вращения значительно эффективней, чем на отдельных автоматизированных станках. Вместе с тем повышается качество обработки и его стабильность, сокращается объем незавершенного производства, создаются предпосылки для автоматизации системы управления производством.

Специальные и специализированные станки используют в крупносерийном и массовом производствах. Эти станки легче автоматизировать, так как они имеют большую стабильность технологического процесса. По степени автоматизации различают станки с ручным управлением, автоматы и полуавтоматы. В последнем случае для возобновления каждого цикла обработки требуется вмешательство рабочего. Степень автоматизации станка связана с полнотой реализации блок-схемы технологического процесса.

Специальные и специализированные станки, а также универсальные станки, принимаемые в массовом и крупносерийном производстве деталей, должны иметь удобные в эксплуатации ограждения фрез. Такие станки (в том числе встроенные в автоматические линии), предназначенные для обработки хрупких и пылящих материалов, должны быть снабжены пылеотсасывающими устройствами, присоединенными к групповым или индивидуальным отсасывающим устройствам.

Специальные и специализированные станки и автоматические линии, на которые заготовки поступают не с рольганга или транспортера, при технической необходимости должны оснащаться индивидуальным подъемным устройством для установки заготовок массой более 8 кг, а также инструментов и приспособлений массой более 20 кг. Для установки заготовок массой более 25 кг используют внутрицеховые подъемные средства.

Специальные и специализированные станки обозначают буквенным индексом (из одной или двух букв), присвоенным каждому заводу, с номером модели станка. МШ-245 - рейкошлифовальный полуавтомат повышенной точности Московского завода шлифовальных станков.

Специальные и специализированные станки, а также универсальные станки, применяемые в массовом и крупносерийном производстве, должны иметь удобные в эксплуатации ограждения фрез. Такие станки (в том числе встроенные в автоматические линии), предназначенные для обработки хрупких и пылящих материалов, должны быть снабжены пылестружкоприемниками, присоединенными к групповым или индивидуальным отсасывающим устройствам.

Кроме того, специальные и специализированные станки имеют необратимую конструкцию, что исключает их использование после смены объекта производства; обычно сроки изготовления и стоимость таких станков чрезвычайно велики. Так, для создания специального фрезерного станка средних размеров требуется от двух до трех лет, а стоимость специального фрезерного станка в 10 - 15 раз выше стоимости станка общего назначения.

Кроме того, что специальные и специализированные станки имеют необратимую конструкцию, что исключает их использование после смены объекта производства, обычно сроки изготовления и стоимость таких станков чрезвычайно велики. Так, для создания специального фрезерного станка средних размеров требуется от двух до трех лет, а стоимость специального фрезерного станка в 10 - 15 раз выше стоимости станка общего назначения.

На базе продольно-фрезерных станков нормального выполнения выпускаются специальные и специализированные станки для обработки определенных деталей.

На базе продольно-фрезерных станков нормального исполнения выпускаются специальные и специализированные станки для обработки определенных деталей. Так, на заводе Красный пролетарий (Москва) для одновременной обработки всех направляющих станины токарного станка применяют специализированные продольно-фрезерные станки, имеющие по девять шпинделей, на которых установлено до 17 фрез.

На заводах массового и крупносерийного производства обычно используют специальные и специализированные станки, автоматические линии, станки-комбайны и др.; реже применяют станки общего назначения. На заводах же серийного и мелкосерийного производства используются, как правило, станки общего назначения.

Если на предметно-замкнутых участках кроме групп взаимозаменяемого оборудования встречаются специальные и специализированные станки, то они должны стать первичным звеном расчета мощности, поскольку за этими станками твердо закрепляют определенные операции, которые не могут быть выполнены на другом оборудовании.

Для этих основных операций в первую очередь и следует применять специальные и специализированные станки.

Если в предметно-замкнутых участках, кроме групп взаимозаменяемого оборудования, встречаются специальные и специализированные станки, то они должны явиться первичным звеном расчета мощности, поскольку за этими станками твердо закрепляются определенные операции, которые не могут быть выполнены на другом оборудовании.

Как показывает опыт наших предприятий и исследовательские работы в области оборудования, специальные и специализированные станки в среднем в 3 и даже в 5 раз и более производительнее, чем универсальные станки.

2.1.

Под управлением станком принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнение технологического цикла обработки, а под системой управления - устройство или совокупность, реализующих эти воздействия.

Числовое программное управление (ЧПУ) - это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

Системы ЧПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

- ☐ позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла;
- ☐ контурные, или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;
- ☐ универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок;

□ многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

Примером применения систем ЧПУ первой группы являются сверлильные, расточные и координатно-расточные станки. Примером второй группы служат системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков.

К четвертой группе относятся бесцентровые круглошлифовальные станки, в которых от систем ЧПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д. Существуют позиционные, контурные, комбинированные и многоконтурные (рис.ЧПУ.1, а) циклы управления.

3. Гибкость производственного процесса или оборудования.

Производственная гибкость ГПС определяется технологической, структурно-организационной и параметрической гибкостью. При этом под гибкостью понимают приспособляемость ГПС к изменениям, связанным с выполнением производственной программы. Производственная система считается гибкой и быстроперенастраиваемой без существенных затрат, если при изменении объектов производства не меняется состав компонентов системы и состав информационных связей.

2. Обычно станочные автоматические линии, созданные для обработки одной конкретной детали, очень сложно использовать для обработки новой детали, даже аналогичной по конструкции. Принципиально новые средства автоматизации, появившиеся в виде ГПС, позволили создать для таких производств гибкие автоматизированные линии(ГАЛ).

ГАЛ предназначены для групповой обработки нескольких заранее известных аналогичных по конструкции и технологии изготовления деталей. Они состоят из перенастраиваемых агрегатных станков и станков с ЧПУ, объединенных единой автоматической транспортной системой. Станки с ЧПУ используют в таких линиях при сложных циклах обработки и при необходимости реализовать контурное управление. Технологическое оборудование ГАЛ расположено в принятой последовательности технологических операций.

Широкое распространение получили ГАЛ, создаваемые на базе агрегатных станков со сменными шпиндельными коробками для обработки корпусных деталей.

Также большее применение находят в ГАЛ для обработки деталей типа тел вращения и корпусных деталей агрегатные станки с ЧПУ, создаваемые из комплектов унифицированных узлов (столов различных типов, механизмов автоматической смены инструмента).

3. Управление ГПС реализует комплексные многофункциональные иерархически построенные автоматизированные системы управления (АСУ), в которых можно выделить две функциональные составные части:

- управления технологическими процессами (АСУТП)
- организационно-технологического управления (АСУОТ).

Первая решает задачи группового управления технологическим и транспортным оборудованием, а вторая – задачи планирования, диспетчеризации и учета хода производства. Обе составные части АСУ ГПС тесно взаимосвязаны между собой как аппаратными, так и программными средствами.

АСУ ТП предназначена для выработки управляющих воздействий на комплексы (группы) основного и вспомогательного оборудования ГПС, передачи управляющих программ и другой требуемой информации в устройства локального управления (системы ЧПУ оборудованием, устройства электроавтоматики), приема информации от устройств локального управления, а также для организации хранения в памяти ЭВМ библиотеки управляющих программ и всей необходимой технологической документации. В состав АСУ ТП входят модули локального управления, средства информационно-измерительной и вычислительной техники.

В ГПС программное управление обеспечивает функционирование оборудования в автоматическом режиме в соответствии с заданной программой и возможность изменения процессов функционирования при смене программы.

Главная проблема, возникающая при разработке системы группового управления оборудованием ГПС – обеспечение взаимодействия устройства локального управления с ЭВМ. Решение этой проблемы связано с унификацией и стандартизацией программно-аппаратных интерфейсов (физического, логического и информационного).

3.2.Разделение ГПС по организационным признакам: ГПМ, ГАУ, ГАЛ, ГАЦ и ГАЗ. Различие между РТК и ГПМ. Формы гибкости ГПС: машинная, технологическая, структурная, производственная и маршрутная.

Успешное внедрение ГПС зависит от многих факторов и невозможно без большой подготовительной работы, включающей анализ и оценку потребителей производства, для выбора оптимального варианта построения системы с учетом долгосрочного планирования.

Подготовительный период должен включать в себя следующие этапы:

1. Определение характера производства. Внедрение ГПС целесообразно, если на предприятии производится большой ассортимент деталей средними сериями, многие детали имеют примерно одинаковые размеры, подобную геометрическую форму, требуют аналогичной обработки сходных технологических операций, продолжительность перенастройки велика, рабочие циклы длинные, оборот материально-производственных запасов невелик.
2. Выявление семейств деталей среди выпускаемой продукции в соответствии с принципами групповой технологии.
3. Определение текущей годовой потребности в каждой из групп деталей.
4. Долгосрочное планирование (на 5–10 лет) определения годовой потребности в деталях.
5. Анализ возможностей персонала с точки зрения обеспечения оптимального использования и эффективности ГПС. Выполнение этих 5 этапов уже позволяет решить вопрос о целесообразности применения ГПС на данном предприятии.
6. Контакт с изготовителями с целью выбора оптимальной структуры ГПС для конкретных требований.
7. Экономическое обоснование требуемых капиталовложений.
8. Заказ оборудования ГПС.
9. Подготовка всех служб предприятия к установке ГПС.
10. Установка ГПС.

Обобщенным понятием, распространенным на все организационные структуры и виды ГАП, является понятие гибкая производственная система (ГПС).

По организационным признакам ГПС подразделяется на следующие виды: гибкая автоматизированная линия (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкий автоматизированный цех (ГАЦ), гибкий автоматизированный завод (ГАЗ). ГАЛ и ГАУ состоят из гибких производственных модулей (ГПМ), или отдельных единиц технологического оборудования.

Под ГПМ понимается единица технологического оборудования, оснащенная системой ЧПУ или каким-либо другим устройством с ПУ и функционирующая как самостоятельно, так и в составе ГПС, при этом все функции, связанные с изготовлением изделия, должны осуществляться автоматически.

ГПС – это совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов (РТК), ГПМ, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования (СОФ) в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений характеристик оборудования.

СОФ ГПС в автоматическом и автоматизированном режиме имеют следующие структурные составные части:

- автоматизированную систему научных исследований (АСНИ), комплекс ЭВМ, автоматизированных средств программного обеспечения научных исследований по совершенствованию и дальнейшему развитию выпускаемой продукции;
- систему автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс автоматизированного оборудования на базе ЭВМ, программного обеспечения и различных средств ввода и вывода информации;
- автоматизированную систему технологической подготовки производства (АСТПП) – комплекс автоматизированных средств, программного обеспечения, банков данных для разработки и расчета технологий изготовления продукции, необходимой технологической оснастки, инструмента и пр.;
- автоматическую систему управления ГПС (АСУ ГПС) – комплекс ЭВМ, микропроцессорной техники, программного обеспечения и центральный пункт управления, связывающий управление со всеми составными частями ГПС в режиме DNC и обеспечивающий сбор и передачу производственной информации для координации и принятия решений по всем уровням связей и управления;
- автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС) – систему взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств с установкой в спутнике (на паллете) или другой транспортной таре (поддоне, кассете, в магазине) для временного накопления, распределения и доставки предметов производства и технологической оснастки к ГПМ, РТК или другому технологическому оборудованию ГПС. АТСС может выполнять автоматическое хранение, подачу на сборку элементов УСП, а так же автоматическую мойку;
- автоматизированную систему инструментального обеспечения (АСИО) – это взаимосвязанные устройства, оборудование и система управления, включая участки подготовки и настройки инструмента, его транспортировки, накопления, смены и контроля качества, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую замену инструмента в магазинах, на станках;
- автоматизированную систему удаления отходов (АСУО) – устройства с системой управления для удаления стружки и других отходов из зоны ГПМ, РТК и другого оборудования, включенного в ГПС;

- систему автоматизированного контроля (САК) – систему контроля заданных параметров деталей или изделия в процессе обработки, включающую контрольно-измерительную машину с ЧПУ, программируемые и моделирующие проверочно-испытательные машины, систему устройств и мер по контролю параметров поступающих заготовок и комплектующих изделий и другие устройства, обеспечивающие контроль качества выпускаемой продукции, накопление и выдачу информации.

Состав и структура ГПС определяются содержанием технологического процесса, который включает:

- параметры заготовок и номенклатуру деталей;
- годовую программу выпуска деталей, определяющую цикл изготовления;
- состав технологического оборудования;
- организацию производства оборудования в процессе изготовления, переналадки, смены инструмента, приспособлений, схватов, контроля деталей;
- диагностирование, управление оборудованием и ремонтом технических средств.

1. 4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: Автоматические и специализированные станки, автоматические линии.

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Реализация первой ступени автоматизации на уровне технологического оборудования.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Реализация первой ступени автоматизации на уровне технологического оборудования.

Устройство линии см. раздел Автоматические линии из специализированных станков. В настоящее время в машиностроении СССР и зарубежных стран применяются следующие виды автоматических линий: автоматические линии из специальных станков, автоматические линии из агрегатных станков, автоматические линии из специализированных станков, станки-комбайны, автоматические линии из универсальных станков, роторные автоматические линии. В машиностроении СССР и зарубежных стран применяются следующие основные виды автоматических линий из агрегатных станков, из специализированных станков, из универсальных станков, роторные автоматические линии, линии из станков с программным управлением. Кроме них, существуют также автоматические линии для сборки, линии комплексных автоматических производств и заводы-автоматы. В создании специализированных станков за последние годы достигнуты большие успехи. Созданы надежные в работе и достаточно экономичные конструкции, пригодные для использования отдельно от других станков в поточных и автоматических линиях. Разработка конструкций и освоение серийного изготовления специализированных станков позволили обрабатывать на автоматических линиях из таких станков детали, которые невозможно или нерационально обрабатывать на линиях из агрегатных станков: ступенчатые и шлицевые валы, цилиндрические и конические шестерни. Такие детали можно найти в любой машине, и изготавливаются они ежегодно в громадных количествах. Автоматизацию производства и повышение его технического уровня можно вести двумя путями: 1) путем повышения степени оснащенности, модернизации и автоматизации универсальных станков, создания сложных автоматизированных приспособлений или даже автоматических линий из универсальных станков, как это имело место при производстве метчиков [17]; 2) путем создания и использования специализированных и специальных станков. Массовое производство характеризуется малой номенклатурой выпускаемых деталей и большой серией выпуска. Технологическое оборудование состоит из автоматов, полуавтоматов, автоматических линий и специализированных станков, оснащенных незначительным количеством приспособлений, а также режущим и измерительным инструментом. Достоинством массового производства являются автоматические линии из типовых специализированных станков.

Специальное, специализированное, агрегатное, автоматическое. Автоматические линии из агрегатных и универсальных станков. Автоматическая линия состоит из специализированных станков (фиг. 130). Шестерни обрабатываются при вертикальном положении их осей. В таком же положении шестерни транспортируются по позициям линии. Первые два станка 1 и 2—токарные многолезцовые, обрабатывают предварительно отверстие шестерни и венец. Одновременно протачиваются выемки на торцах шестерен, если они не образованы раньше в заготовительной операции, снимаются фаски. На первой операции деталь базируется по торцу и выемке с помощью штырей и базовых упоров. Закрепляется она трехкулачковым патроном от пневмопривода. Смен

Применение автоматических линий из агрегатных, специализированных или специальных станков высокой производительности, предназначенных для обработки определенных деталей или изделий, например поршней, шариковых и роликовых подшипников и т. д. Для выполнения задачи комплектования из автоматизированных станков широкого назначения автоматических линий необходимо в ближайшие годы организовать централизованное производство типовых транспортных, загрузочных, бункерных устройств, приборов и аппаратов для диспетчеризации и учета и выделить заводы, специализированные на выпуске автоматических линий из покупного оборудования. Способ транспортирования деталей в автоматических линиях зависит от конструкции и размеров деталей, характера применяемого оборудования и методов обработки. В автоматических линиях, состоящих из агрегатных станков, для транспортирования чаще всего

применяется шаговый транспортер, совершающий возвратно-поступательное движение. Для транспортирования деталей в линиях, состоящих из универсальных и специализированных станков, применяются различные транспортные устройства транспортеры (для деталей

Вся система автоматических линий, кроме печей 22 и 45 высокотемпературного отпуска, работающих в течение суток непрерывно, работает в две смены. Поэтому перед печью и после нее с помощью промышленного робота 20 и системы магазинов 21 создаются емкости, обеспечивающие работу печей в третью смену. Высокотемпературный отпуск вала проводят при 500 °С в течение 4,4 ч. На стенде 23 выборочно контролируют дисбаланс предварительно обработанного коленчатого вала. На автоматической линии 24, состоящей из агрегатных станков, с двух сторон рассверливают, зенкеруют и растачивают центровые отверстия, а также обтачивают передний (демпферный) конец коленчатого вала. На позиции 25 контролируют расположение центровых отверстий обработанные в пределах допуска валы с помощью специализированного промышленного робота 26 с электромеханическим приводом транспортируют на АЛ чистового фрезерования. На восьми станках 28 проводят чистовое фрезерование цилиндрических поверхностей первой, второй, четвертой и пятой коренных шеек первой, второй, третьей и четвертой шатунных шеек, а также шеек противовесов, заплечиков и галтелей. Допуск при чистовом фрезеровании коренных и шатунных шеек —0,2 мм шеек противовесов 0,1 мм заплечиков —1 мм. Схема обработки такая же, как на станках КУ-436 при предварительном фрезеровании. Автоматические линии, как правило, комплектуют из прогрессивных, специально спроектированных высокопроизводительных автоматов. На этих автоматах поршни обрабатываются с высокими режимами резания современным взаимозаменяемым инструментом, с подачей обильного охлаждения. На заводах встречаются также АЛ для выполнения отдельных операций обработки поршней, в которых используются универсальные и специализированные станки, дополнительно оснащенные устройствами для загрузки-выгрузки. Такие АЛ по производительности и качеству обработки обычно уступают АЛ из специальных станков. В инструментальной промышленности из года в год расширяется производство металлообрабатывающего инструмента и оснастки, особенно инструмента с применением природных синтетических алмазов и других сверхтвердых материалов и сплавов, а также режущего и вспомогательного инструмента к станкам с числовым программным управлением и к автоматическим линиям. Увеличивается выпуск абразивных изделий высокой стойкости. Для этого вводятся новые мощности специализированного инструментального производства. Особенно большое значение для повышения эффективности производства имеет осуществляемый в широких масштабах переход на новые инструментальные материалы. Необходимо обеспечить опережающее развитие инструментальной промышленности главным образом путем производства инструмента прогрессивных конструкций и из износостойких материалов по сравнению с планируемыми темпами роста продукции машиностроения и металлообработки. Повысить уровень автоматизации технологических процессов изготовления и контроля режущего инструмента, изменить структуру оборудования в специализированной инструментальной промышленности в сторону увеличения количества автоматизированных станков и автоматических линий, расширить применение методов пластических деформаций и фасонных профилей металла при изготовлении режущего инструмента, для чего следует оснастить отрасли различным кузнечно-прессовым оборудованием (прокатными станами, штамповочными прессами). Будущий станкозавод особенно с мелкосерийным производством все виды заготовок будет получать от специализированных заводов. Со стороны предполагается также получение готовых зубчатых колес всех типов и размеров, многих валов, мелких деталей, изготавливаемых из прутка на токарных автоматах, особенно нормализованных и унифицированных. Вероятно целесообразно будет получать со стороны стандартные и унифицированные узлы станков, станочные принадлежности и приспособления, инструмент и оснастку, а также сварные щиты, электрошкафы, электрооборудование, пульты программного управления, транспортное оборудование для автоматических линий и др. Способ транспортирования заготовок в автоматических линиях зависит от их конструкции и размеров. В автоматических линиях, состоящих из агрегатных станков, для транспортирования применяется шаговый транспортер, совершающий возвратно-поступательное движение. Для транспортирования заготовок в линиях, состоящих из универсальных и специализированных станков, применяются различные транспортные устройства цепные транспортеры (для заготовок сложной формы) лотки-скаты (для заготовок, имеющих форму колец) трубочки, установленные между станками (для шариков и роликов) автоматические руки (для заготовок, имеющих форму валиков).

По типу применяемого оборудования автоматические линии подразделяются на четыре группы (табл. 1У.2) линии из универсальных, агрегатных, специализированных и специальных станков. За последние годы в промышленности, особенно в машиностроении, получило распространение новое направление в подготовке и оснащении производства — комплексная нормализация элементов производственного процесса (технологии, оснастки и оборудования), основанная на научной классификации деталей и узлов. В автоматизации сущность этого направления заключается в преимущественном оснащении производства специализированными станками и автоматическими линиями, которые могут быть эффективно использованы при любой серийности и частой смене изделий. При этом различные компоновки упомянутых средств автоматизации должны производиться силами самих машиностроительных заводов из нормализованных элементов, выпускаемых предприятиями станкостроения и приборостроения. Сборка же всех нормализованных узлов должна осуществляться на специализированных заводах, изготавливающих узлы и агрегаты. На новой типовой линии использовано большинство специализированных станков, уже

испытанных на линии одновенцовых шестерен. Пришлось ввести и дополнительное оборудование. Для обработки зубьев малого венца блока, которые нельзя получить червячной фрезой из-за малого расстояния между венцами, устанавливаются зубодолбежные станки. Для шестерен из цементируемых сталей запроектирован отдельный участок термообработки и участок для обработки отверстия протягиванием зубьев или шлифованием и обкаткой после термической обработки. После механической обработки шестерни поступают в автоматическую моечную машину, а затем — в контрольный автомат. Оборудование типовых автоматических линий, цехов и заводов должно комплектоваться из применяемых в серийном производстве автоматических станков, печей и агрегатов. Только для особо массовых специальных конструкций подшипников (например, карданных и велосипедных) должны создаваться специализированные линии.

Основные конструкторские отделы по проектированию различных типов автоматов, специальных станков и автоматических линий, а также унифицированных узлов имеют предметную специализацию к специализированным относят конструкторские отделы по проектированию шпиндельных узлов, электропривода, гидропривода, инструмента и т. д. Все отделы состоят из конструкторских секторов специализированные отделы имеют специальные группы по работе нормализованных узлов, деталей, схемных решений и руководящих материалов к ним. Специализированные производственные системы представляют наименее гибкий тип интегрированных производственных систем. Они создаются в том случае, если число различий в классе изготавливаемых изделий весьма ограничено (приблизительно от 2 до 8), а годовой выпуск каждого из изделий лежит в пределах от 1500 до 15 000 штук. Структура специализированной производственной системы близка к структуре автоматической линии. Благодаря ограниченному числу технологических операций здесь можно использовать специализированные станки.

Корпус долота состоит из трех секций. Каждая секция — деталь сложной конфигурации, со смещенным по отношению к цапфе центром тяжести (рис. 131). На автоматической линии из специализированных станков с гидросуппортами тбилисского станкостроительного завода имени С. М. Кирова выполняется токарная обработка поверхностей цапфы. На первом двухсуппортном станке 8 (рис. 132) цапфа предварительно обтачивается твердосплавными резцами. На двух последующих станках 10 и 11 об-242 На заводах Советского Союза работают и другие автоматические линии из специализированных станков, предназначенные для обработки валов роторов электродвигателей, шлицевых и распределительных валов. В дальнейшем эти линии получат еще более широкое распространение. Для серийного производства однотипных деталей создаются специализированные многооперационные агрегатные станки и автоматические линии из этих станков. Указанные станки и линии оснащаются системами числового и циклового управления, устройствами для межоперационного транспортирования и автоматической смены инструмента. Среди линий из специализированных станков рассмотрим компоновку автоматической линии для обработки корпуса бурового долота, работающей на Верхне-Сергинском долотном заводе (ВСДЗ). Линии из специализированных станков, так же как и линии из агрегатных станков, применяют в крупносерийном и массовом производствах. Они состоят в основном из станков токарной, шлифовальной групп, зубо-, шлицеобрабатывающих и других станков, выпускаемых станкостроением серийно. Такие станки могут работать отдельно в поточных линиях, но конструкции их приспособлены для встраивания в автоматические линии. Унифицированные узлы и детали позволяют перейти от конструирования специального оборудования к выбору унифицированных агрегатов и их компоновке в нужных сочетаниях. С помощью метода агрегатирования можно в 2—3 раза сократить срок разработки и выпуска агрегатных станков и автоматических линий в 2—3 раза уменьшить их стоимость значительно сократить срок переналаживания оборудования при смене обрабатываемых деталей собирать станки и автоматические линии из узлов и элементов, изготовленных на специализированных заводах. В машиностроении СССР в настоящее время работает более 1500 автоматических линий. С учетом разницы в степени развития автомобильной промышленности СССР и США можно сделать вывод, что в данном отношении наше машиностроение ненамного отстало от машиностроения США. По отдельным же видам автоматических линий, установленных на подетально специализированных предприятиях (для изготовления и сборки подшипников, автомобильных поршней и др.), мы несколько опередили США. По технике проектирования и создания автоматических линий из агрегатных и специальных станков наше станкостроение в некоторых случаях также опередило американское. Однако по подетальной специализации производства автоматического оборудования и по количеству выпускаемых линий мы отстаем от США, где автоматическое оборудование выпускается более чем 1 тыс. фирмами, а свыше 30 станкостроительных фирм занято изготовлением автоматических линий и стандартных узлов для их компоновки. Одной из основных тенденций в этом направлении при массовом и крупносерийном производстве является все более широкое внедрение специальных, специализированных станков, полуавтоматов и автоматов оригинальной и агрегатированной конструкции с автоматическими правильными приборами, в том числе для профильной правки и локаторами для продольного ориентирования изделий. Большое значение имеет создание автоматических линий и участков станков, объединяемых единой транспортной системой и индивидуальными системами загрузки — выгрузки изделий. Наиболее автоматизированы в настоящее время классические технологические процессы прежде всего в условиях массового производства, где широко применяются автоматы и автоматические линии всех известных типов (универсальные и специальные автоматы и полуавтоматы, агрегатные станки, станки-комбайны, автоматические линии из

агрегатного, универсального и специального оборудования). Более сложной является задача автоматизации технологических процессов серийного производства. В условиях индивидуально разрабатываемых, нетипизированных технологических процессов она выражается в автоматизации универсальных станков, работающих с одним быстросменным инструментом, а в последние годы — в применении станков с программным управлением. Типизация технологических процессов, применение групповой технологии и групповых наладок позволяет использовать в серийном производстве методы автоматизации и оборудование, характерные для массового производства универсальные и специализированные автоматы и полуавтоматы, переналаживаемые агрегатные станки, агрегатные станки обратимой конструкции, переналаживаемые автоматические линии и т. д. Специализированные внутришлифо-вальные автоматы можно встраивать в автоматические линии они могут поставаться и отдельно, если их будет загружать оператор. Автоматы выпускают с наладками на конкретные детали, с приборами активного контроля и без них. Электрооборудование и гидрооборудование составляют со станком одно целое. Обработка ведется с подачей охлаждающей жидкости от централизованной системы допустимо исполнение автомата с подачей СОЖ из индивидуальных баков. Агрегатирование станков, сельскохозяйственных, стронтель-но-дорожных и ряда других машин в нашей стране не стало еще одним из основных методов конструирования. Разработаны конструкции агрегатов только для некоторых специализированных фрезерных, расточных станков и монтажа автоматических линий. В машиностроении СССР еще очень мал удельный вес агрегатных станков в парке оборудования. Развитие производства агрегатированного технологического оборудования (станки, автоматические линии, кузнечно-прессовое оборудование и др.) уже в 1966—1970 гг. позволит без существенных дополнительных затрат более чем вдвое увеличить его удельный вес в общем объеме выпуска. Расчеты показывают, что только в станкостроении СССР в ближайшие годы удельный вес оборудования, агрегатированного из стандартных элементов, может быть доведен до 30—40%. Это позволит при тех же затратах и с тех же производственных площадей выпускать вдвое больше автоматизированных специализированных станков и линий.

Процесс составления программы работы автоматической линии называется программированием. Программирование автоматической линии, как правило, производится в процессе проектирования линии, после чего автоматическая линия не может быть переналажена на другой рабочий цикл. Однако автоматизированные участки из станков с программным управлением от ЭВМ дают возможность производить программирование в процессе эксплуатации линии. В этом случае вся необходимая технологическая информация выдается на ЭВМ типа Минск-32. Специализированная система подготовки управляющих программ содержит 4000—10 000 команд, что обеспечивает управление станками.

За последнее время в этом направлении уже проделана значительная работа. В некоторых отраслях отечественного машиностроения разработаны и успешно внедряются, например, специальные и специализированные станки и автоматические линии полностью обратимой конструкции, комплектуемые почти целиком из стандартизованных и унифицированных элементов силовых головок, силовых столов и бабкок, станин, промежуточных плит, башмаков, кронштейнов, оснований, делительных столов, агрегатов управления, пультов управления, автоматики и др.

Теоретическая и практическая разработка идеи о многократном использовании оборудования привела к созданию систем переналаживаемого оборудования на основе агрегатирования и стандартизации его элементов. Унифицированные узлы и детали позволяют перейти от конструирования специального оборудования к выбору унифицированных агрегатов и их компоновке в таких сочетаниях, которые наиболее полно обеспечивают максимальную производительность при необходимой точности изготовления. Применение метода агрегатирования позволяет сократить в 2—3 раза срок разработки и выпуска агрегатных станков и автоматических линий снизить в 2—3 раза их стоимость резко сократить сроки переналаживания автоматических линий при смене изготавливаемых деталей собирать агрегатные станки и линии из узлов и элементов, изготовленных на специализированных заводах.

Автоматические линии, состоящие из агрегатных, специальных и специализированных станков, для более полного использования оборудования и уменьшения простоев делятся на участки — ряд машин, расположенных между бункерными устройствами и работающих в общем взаимодействии. По этому признаку автоматические линии бывают одно- и многоучастковыми.

станок состоит из станины, стола, на котором перемещается заготовка, и силовых головок.

Стол может быть поворотным на несколько фиксированных позиций (барабанный тип) или стол может обеспечивать прямолинейное перемещение из одной операционной позиции в другую (силовой стол). На столе детали закрепляются гидроприводом или пневмозажимом.

В каждой операционной позиции деталь обрабатывает одна (для обработки с одной стороны) или несколько силовых головок - для обработки одновременно с нескольких сторон (2-х сторонняя или 3-х сторонняя обработка).

1. 5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: Станки с числовым программным управлением.

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Станки с ЧПУ. Обеспечение стабильности параметров обработки в технологических системах.
2. Особенности технологической подготовки для станков с ЧПУ.
3. Инструментальное обеспечение, контроль детали и инструмента, отвод стружки, автоматизация загрузки и переналадки, задачи диагностики на станках с ЧПУ.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Станки с ЧПУ. Обеспечение стабильности параметров обработки в технологических системах.

Одним из способов значительного повышения производительности труда в обрабатывающих и машиностроительных отраслях техники является оснащение станков и оборудования системами числового программного управления. Научно-технический прогресс и высокая компьютеризация общества позволяют в настоящее время использовать системы числового программного управления (ЧПУ) станками и оборудованием в производственных процессах не только крупных предприятий, но и в среднем и малом бизнесе и даже в качестве технического хобби.

Бурное развитие микроэлектроники, дешевизна и доступность большинства плат управления позволяют создавать системы программного управления станками блочного типа, в том числе с использованием в качестве управляющих обыкновенных бытовых компьютеров, что уменьшает зависимость пользователей от сложных специализированных систем признанных мировых лидеров. В настоящее время оснащение системой числового программного управления любого обрабатывающего станка является достаточно тривиальной задачей и доступно, как указывалось выше, даже в условиях малого предприятия или на хоббийном уровне.

Вместе с тем, аппаратное оснащение оборудования системой ЧПУ не является достаточным условием для высокоэффективного использования данного оборудования. Возникает необходимость в создании и подготовке самих управляющих программ для систем числового программного управления, представляющих собой последовательность кадров в которых размещаются G-коды в соответствии с ISO 6983-1:1982 (ГОСТ 20999-83).

Представляемый на данном сайте интернет-сервис позволяет посредством интернет-приложений осуществлять подготовку и создание управляющих программ (G-кодов) для станков с числовым программным управлением в режиме реального времени посредством сети Интернет. Создание управляющих программ происходит автоматически после ввода пользователем сервиса необходимых исходных данных и параметров для вычислений. Подробнее ознакомится со службами для реализации задачи создания управляющих программ для станков с числовым программным управлением можно в разделе [Сервисы](#).

Также на сайте представлен ряд калькуляторов, позволяющих производить технические вычисления, облегчающие работу как оператора станка с числовым программным управлением, так и инженера-технолога, инженера-конструктора. Калькуляторы представлены в разделе Калькуляторы. Некоторые инженерные программы для персональных компьютеров можно найти в разделе Программы.

Станки с ЧПУ — это в основном фрезерные, гравировально-фрезерные станки, оборудованные числовым программным управлением (ЧПУ) для автоматизированного расчета и выполнения различных операций технологического процесса.

Система станков с ЧПУ выполняет интерполяцию движения обрабатывающего инструмента в соответствии с управляющей программой. Аббревиатура ЧПУ соответствует двум англоязычным NC и CNC, отражающим эволюцию развития систем управления оборудованием.

Появившееся вначале системы типа NC (см. NC) предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой, задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение программ на внешних носителях, таких, как магнитные ленты, перфорированные бумажные ленты или перфокарты.

Более совершенные системы ЧПУ, обозначаемые как CNC, основаны на микропроцессоре с оперативной памятью, с операционной системой, приводы управляются собственными микроконтроллерами. Программа для станков с ЧПУ может быть загружена с внешних носителей, например, дискет или с обычных или специализированных флеш-накопителей. Помимо этого, современное оборудование и станки с ЧПУ подключаются к компьютерным сетям предприятия. Основной язык программирования ЧПУ описан документом ISO 6983 Международного комитета по стандартам. В

отдельных случаях, например, системы ЧПУ гравировальными станками, язык управления принципиально отличается от стандарта. Для простых задач, например, раскрой плоских заготовок, система станков ЧПУ в качестве входной информации может использовать текстовый файл в формате обмена данными, например DXF или HP-GL.

Станки с ЧПУ характеризуются целым рядом достоинств. Поскольку технологический процесс автоматизирован, т.е. управление производится по занесенной в систему программе, увеличивается точность обработки материала. В результате, **станки с ЧПУ** позволяют существенно снизить процент брака. Кроме того, автоматизация процесса обработки станками с ЧПУ способствует ощутимому повышению производительности.

Таким образом, благодаря высокой скорости и точности обработки материала, управляемые станки с чпу увеличивают эффективность производства в несколько раз.

Станки с программным управлением (ПУ) по конструкции системы управления делятся на станки с цикловым и станки с числовым программным управлением.

Системы циклового программного управления позволяют запрограммировать перемещение подвижных органов станка в определенной последовательности, а так-же (в некоторых случаях) изменение скоростей этих перемещений с помощью определенного набора коммутирующих элементов (штекеров, переключателей) на панели управления или на штекерном барабане. При этом величины перемещений подвижных органов определяются путем наладки упоров относительно конечных выключателей на управляющих платах станка. Станки с цикловым программным управлением отличаются невысокой стоимостью и простотой конструкции, однако их технологические возможности ограничены, а перенастройка связана с относительно большими потерями времени. Поэтому станки с цикловым ПУ могут быть рационально использованы лишь для обработки больших партий сравнительно простых заготовок.

Принципиальной особенностью станка с числовым программным управлением является то, что вся программа его работы, включая и величины перемещений подвижных органов, записывается в определенном коде на программоносителе. Перенастройка станков с числовым ПУ осуществляется значительно быстрее, чем станков с цикловым ПУ; во многих случаях она заключается в замене одной программы другой.

2. Особенности технологической подготовки для станков с ЧПУ.

На сегодняшний день перед каждым производителем стоят две задачи: снижение издержек на производство того или иного изделия и повышение качества этого изделия. Решение данных задач без использования современных средств автоматизации является затруднительным, а иногда и не возможным. Современные технические решения в области мехатроники позволяют повысить производительность без потери качества, а подчас и с его улучшением более чем в несколько раз. Одним из направлений автоматизации производства является применение числового программного управления на станках и прочем промышленном оборудовании.

Станки с ЧПУ позволяют изготавливать изделия со сложной геометрией с высокой точностью при относительно небольших временных затратах.

Благодаря развитию систем ЧПУ стала возможна высокоскоростная обработка – особый вид лезвийной обработки с высокими скоростями резания, отличительной особенностью которой является снижение сил резания по сравнению с обычным методом обработки и отвод тепловой энергии возникающей из-за процессов резания вместе со стружкой. Данный способ обработки позволяет получать качество поверхности соизмеримое с электроэрозионной и производить обработку закаленных металлов.

Станки с ЧПУ находят своё применение, как на опытных производствах, так и на крупносерийных и массовых. На опытных производствах применением может быть быстрое производство опытного образца, что сокращает время на подготовку его испытаний и способствует своевременному выявлению ошибок проектирования. В массовом производстве ЧПУ может использоваться как непосредственно на оборудовании, производящем продукцию, так и на оборудовании, подготавливающем для производственного оборудования расходные материалы – штампы, матрицы, пресс-формы, оснастку и т.д..

На базе станка с ЧПУ возможно построение гибкой производственной системы (ГПС) путём встраивания станка в производственную линию и дооснащении его дополнительным оборудованием, таким как промышленный робот. Это позволяет минимизировать участие человека в производственном процессе, что особенно важно на опасных и вредных производствах.

Системы ЧПУ

На основе достижений электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы ПУ — **системы ЧПУ** (СЧПУ), широко используемые в промышленности. Эти системы называют числовыми потому, что величина каждого хода ИО станка задается с помощью числа. Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение ИО на определенную величину, называемой разрешающей способностью системы ЧПУ или ценой импульса.

В определенных пределах ИО можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности. Число импульсов, которое можно подать на вход привода, чтобы осуществить требуемое L перемещение, определяется по формуле $N = L/q$, где q — цена импульса. Число N , записанное в определенной системе кодирования на носителе информации (перфоленте, магнитной ленте и др.), является программой, определяющей величину размерной информации.

Станки с **программным управлением** (ПУ) по виду управления подразделяют на станки и системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например, с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

Система ЧПУ — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для реализации ЧПУ станком, предназначенная для выдачи управляющих воздействий исполнительным органам станка в соответствии с УП.

Устройство ЧПУ (УЧПУ) станками - это часть системы ЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

Числовое программное управление (ЧПУ) - это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

Станки с **программным управлением** (ПУ) по виду управления подразделяют на станки и системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например, с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

Структурная схема системы ЧПУ представлена на рис. 73, а. Чертеж детали (ЧД), подлежащий обработке на станке с ЧПУ, одновременно поступает в систему подготовки программы (СПП) и систему технологической подготовки (СТП). Последняя обеспечивает СПП данными о разрабатываемом технологическом процессе, режиме резания и т.д. На основании этих данных разрабатывается управляющая программа (УП). Наладчики устанавливают на станок приспособления, режущие инструменты согласно документации, разработанной в СТП. Установку заготовки и снятие готовой детали осуществляет оператор или автоматический загрузчик. Считывающее устройство (СУ) считывает информацию с программоносителя. Информация поступает в устройство ЧПУ, которое выдает управляющие команды на целевые механизмы (ЦМ) станка, осуществляющие основные и вспомогательные движения цикла обработки. ДПС на основе информации (фактическое положение, скорость перемещения исполнительных узлов, фактический размер обрабатываемой поверхности, тепловые и силовые параметры технологической системы и др.) контролируют величину перемещения ЦМ. Станок содержит несколько ЦМ, каждый из которых включает в себя (рис. 73, б): двигатель (ДВ), являющийся источником энергии; передачу П, служащую для преобразования энергии и ее передачи от двигателя к исполнительному органу (ИО); собственно ИО (стол, салазки, суппорт, шпиндель и т.д.), выполняющие координатные перемещения цикла.

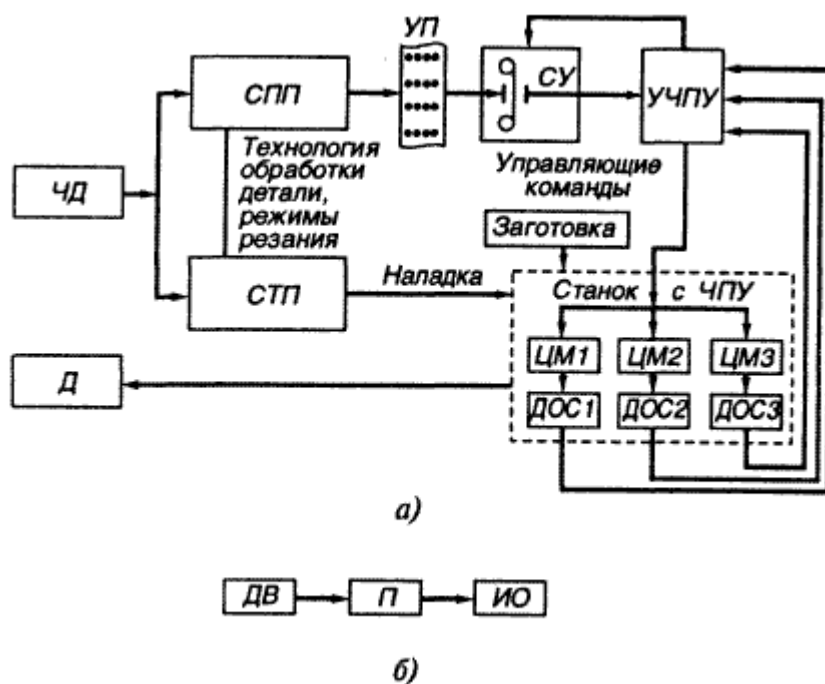


Рис. 73. Структурная схема системы ЧПУ (а) и целевого механизма (б)

Система ЧПУ может видоизменяться в зависимости от вида программноносителя, способа кодирования информации в УП и метода ее передачи в систему ЧПУ. Устройство ЧПУ размещают рядом со станком (в одном или двух шкафах) или непосредственно на станке (в подвесных или стационарных пультах управления). Двигатели приводов подач станков с ЧПУ, имеющие специальную конструкцию и работающие с конкретным устройством ЧПУ, являются составной частью системы ЧПУ.

Все данные, необходимые для обработки заготовки на станке УЧПУ, получает от УП, которая содержит два вида информации — геометрическую и технологическую. Геометрическая информация — координаты опорных точек траектории движения инструмента, а технологическая — данные о скорости, подаче, номере инструмента и т. д. УП записывают на программноносителе. В оперативных системах ЧПУ программа может вводиться (с помощью клавиш) непосредственно на станке.

Важнейшей технической характеристикой систем ЧПУ является ее разрешающая способность или дискретность, т. е. минимально возможная величина линейного и углового хода ИО станка, соответствующая одному управляющему импульсу, т. е. контролируемая в процессе управления. Большинство современных систем ЧПУ имеют дискретность 0,01 мм/импульс. Осваиваются в производстве системы с дискретностью 0,001 мм/импульс.

3. Инструментальное обеспечение, контроль детали и инструмента, отвод стружки, автоматизация загрузки и переналадки, задачи диагностики на станках с ЧПУ.

Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное и криволинейное формообразование, относятся к контурным (непрерывным системам), так как они позволяют обрабатывать заготовку по контуру. Контурные системы ЧПУ имеют, как правило, шаговый двигатель.

Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки для расширения их технологических возможностей оснащают контурно-позиционными системами ЧПУ.

По числу потоков информации системы ЧПУ делятся на замкнутые, разомкнутые и адаптивные.

Разомкнутые системы ЧПУ характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к ИО станка. В механизмах подач таких систем используют шаговые двигатели. Крутящий момент, развиваемый шаговым двигателем, недостаточен для привода механизма подачи. Поэтому указанный двигатель применяют в качестве задающего устройства, сигналы которого усиливаются различными способами, например, с помощью гидроусилителя моментов (аксиально-поршневого гидродвигателя), вал которого связан с ходовым винтом привода подачи. В разомкнутой системе

нет датчика обратной связи (ДОС) и поэтому отсутствует информация о действительном положении исполнительных органов станка.

Замкнутые системы ЧПУ характеризуются двумя потоками информации — от считывающего устройства и от ДОС по пути. В этих системах рассогласование между заданными и действительными величинами перемещения исполнительных органов устраняется благодаря наличию обратной связи.

Адаптивные системы ЧПУ характеризуются тремя потоками информации:

1. От считывающего устройства.

2. От ДОС по пути.

3. От датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения, колебание припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Программируемые контролеры

Программируемые контроллеры - это устройства управления электроавтоматикой станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модельную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов/выходов. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты. Принцип работы контроллера: опрашиваются необходимые входы/выходы и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи, и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка.

В программируемых контроллерах используют различные типы памяти, в которой хранится программа электроавтоматики станка: электрическую перепрограммируемую энергонезависимую память; оперативную память со свободным доступом; стираемую ультрафиолетовым излучением и электрически перепрограммируемую.

Программируемый контроллер имеет систему диагностики: входов/выходов, ошибки в работе процессора, памяти, батареи, связи и других элементов. Для упрощения поиска неисправностей современные интеллектуальные модули имеют самодиагностику.

Программонеситель может содержать как геометрическую, так технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая - характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки и инструмента и их взаимное положение в пространстве.

1.6 Лекция №16(2 часа).

Тема: Гибкие производственные системы..

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Комплексная автоматизация организационно-экономических функций производственной системы. Основные термины и определения ГПС.

2. Разделение ГПС по организационным признакам: ГПМ, ГАУ, ГАЛ, ГАЦ и ГАЗ. Различие между РТК и ГПМ. Формы гибкости ГПС: машинная, технологическая, структурная, производственная и маршрутная.
3. Надежность функционирования ГПС по параметрам: отказ, сбой и работоспособность. Требования к технологическому оборудованию для обработки деталей типа «тел вращения» и корпусных деталей. Состав РТК, РТЛ и РТУ. Определение потребности в РТК.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Комплексная автоматизация организационно-экономических функций производственной системы. Основные термины и определения ГПС.

В ГОСТ 26228-90 приведена классификация ГПС по следующим признакам: комплектности изготовления изделий; методам обработки, формообразования, сборки и контроля; разновидности изготавливаемых изделий; уровню автоматизации.

По комплектности изготовления изделий ГПС подразделяются на операционные, предметные и узловые. Согласно нормативной документации ЭНИМС, предметные и узловые ГПС (ГАУ) формируются из операционных. Предметные ГАУ представляют собой системы машин, мощностью которых полностью (комплексно) изготавливается определенная группа изделий (например, валы, втулки) или не менее двух групп изделий типа тел вращения и планки). Узловые ГАУ представляют собой системы машин, которые производят комплекты деталей и узлы определенных типоразмеров. Комплекты деталей дополняются со склада недостающими покупными деталями, а затем ритмично поступают на автоматизированный сборочный участок, где выполняются операции сборки и при необходимости упаковки.

По технологическому признаку ГПС механической обработки могут быть подразделены на две группы. ГПС первой группы предназначены для выпуска с высокой производительностью крупных серий деталей узкого спектра, характеризующихся высокой степенью конструктивного и технологического подобия. Здесь поток деталей перемещается с заданным ритмом по последовательно расположенным в соответствии с технологическим маршрутом станкам, связанным внутренними межстаночными транспортными средствами.

В отличие от обычной автоматической линии ГАЛ можно переналаживать на изготовление различных деталей. Переналадка сводится к смене инструментов, шпиндельных головок, управляющих программ и транспортных приспособлений. Технологический маршрут вновь запускаемой в обработку заготовки должен иметь согласованные значения времени циклов обработки на каждом станке, а также близкое к базовому число операций. Эффективность подобных ГАЛ объясняется тем, что одна ГАЛ заменяет ряд традиционных автоматических линий, при этом экономится производственная площадь, уменьшается парк технологического оборудования, возрастает коэффициент использования оборудования.

ГПС второй группы предназначены для изготовления деталей широкой номенклатуры, характеризующихся технологическим разнообразием. Эти ГПС отличаются иной организационной и функциональной структурой. К ним относятся комплексы механической обработки разного масштаба и разной степени сложности, а именно ГПМ, ГАУ, ГАЦ. Эта группа ГПС характеризуется движением заготовок по произвольному маршруту с возможным его прерыванием и без обязательного выравнивания времени пребывания заготовки на различных операциях технологического маршрута и числа операций технологического маршрута для деталей различных наименований. Допускается одновременное производство деталей различных наименований. ГПС работает по принципу: склад - ГПМ - склад.

ГПС обеих групп принципиально различаются и применением в промышленности: первая применяется в крупносерийном производстве, вторая — в средне- и мелкосерийном.

По методам обработки, формообразования, сборки, контроля различают механообрабатывающие, сварочные, термические, литейные, сборочные и другие ГПС.

По разновидности изготавливаемых изделий согласно классификатору ЕСКД (классы деталей 71-76, классы сборочных единиц 28, 29, 30 и т.д.) различают ГПС для изготовления деталей типа тел вращения, корпусных деталей и др.

В зависимости от уровня автоматизации ГПС могут быть: 1-го уровня автоматизации, при котором осуществляется автоматизированная (с участием человека) переналадка ГПС при переходе на изготовление на ней нового из освоенных уже изделий; 2-го уровня автоматизации, при котором осуществляется автоматическая (без участия человека) переналадка ГПС при переходе на изготовление нового из освоенных уже изделий; 3-го уровня автоматизации, при котором осуществляется автоматизированная переналадка ГПС при переходе на изготовление нового, не освоенного ранее изделия.

На рис. 1 показаны стадии развития ГПС, предназначенных для изготовления деталей на спутниках, в зависимости от уровня автоматизации их переналадки. Для ГПМ, показанного на рис. 1, а

(или участков из отдельных ГПМ), характерна автоматизированная (1-й уровень автоматизации) переналадка при изготовлении не более двух-трех деталей, ограниченная вместимостью накопителя спутников на станке, инструментального магазина станка и оперативной памяти устройства ЧПУ ГПМ. При этом необходимо частое использование ручной переналадки, характерное для автономно эксплуатируемых станков с ЧПУ. Поэтому эффект, достигаемый от ГПМ, заключается главным образом в возможности расширения многостаночного обслуживания. Как и при производстве на станках с ЧПУ, при производстве на ГПМ оказывает большое влияние квалификация станочника-оператора и наладчика станка на фактический коэффициент загрузки, а значит, на производительность станка; существует тенденция к увеличению размера партии изготавливаемых изделий.

Автоматическая переналадка при изготовлении освоенных изделий (2-й уровень автоматизации) характерна для ГПЯ и ГАУ (см. Рис. 1, б-д). Она реализуется по отработанным управляющим программам обработки, технологии, оснастке и инструменту.

В малономенклатурном производстве простых изделий широко используют ГПЯ и ГАУ, состоящие из ряда ГПМ и автоматизированной транспортно-складской системы АТСС, которые объединены единой управляющей ЭВМ (рис. 1, б). В таких ГПС либо инструментальные магазины должны иметь вместимость, достаточную для изготовления деталей требуемой номенклатуры, либо инструмент должен поставляться средствами АТСС и перегружаться в инструментальные магазины средствами ГПМ. При этом достигается достаточно простая конструкция ГПС, однако понижается коэффициент использования оборудования.

При многономенклатурном производстве сложных изделий, для изготовления которых требуется значительное количество инструментов, ГПС, как правило, включает автоматизированную систему инструментального обеспечения АСИО (см. рис. 1, в), снабжающую инструментальные магазины станков необходимым инструментом из накопителя (склада) при смене изготавливаемой детали и производящую замену изношенного или сломанного инструмента.

Большая номенклатура изготавливаемых деталей и высокая отдача оборудования, включенного в ГПС, как правило, требуют оснащения ее автоматизированным складом (АС) заготовок и деталей, а также инструмента и оснастки, необходимых для бесперебойного функционирования ГПС (см. рис. 1, г).

Дальнейшим логическим шагом развития ГПС по пути повышения надежности функционирования и осуществления своевременного обеспечения всеми элементами технологического процесса является включение в ее состав систем обеспечения функционирования (СОФ ГПС и ГПЯ), системы автоматизированного контроля (САК), автоматизированной системы удаления отходов (АСУО), а также включение ГПС в автоматизированную систему управления производством (АСУП) (см. рис. 1, д).

Качественно новые возможности ГПС достигаются при интегрировании в систему их управления автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП), включающей соответствующие системы автоматизированного проектирования (САПР) - конструирования, технологии и т.п. В этом случае достигается высший - третий уровень автоматизации производства (см. рис. 1, е). Рис. 1 показывает, что рост уровня автоматизации достигается значительным усложнением конструкции и системы обеспечения функционирования ГПС и ГПЯ, а значит, увеличением их стоимости. Поэтому задаваемый уровень автоматизации должен быть экономически обоснован.

Основные структурные элементы ГПЯ следующие: несколько ГПМ одинаковых или различных, обеспечивающих требуемую технологическую обработку заготовок; АТСС; АСИО; единая управляющая ЭВМ.

Основными техническими возможностями ГПЯ являются:

- производственная гибкость, заключающаяся в автоматическом (автоматизированном) переходе на изготовление любой освоенной детали в любой последовательности. В ГПЯ 2-го уровня автоматизации этот переход занимает минуты - время, необходимое для удаления рейсера из камеры станочного модуля детали и загрузки на стол ГПМ тем же рейсером спутника с новой заготовкой;
- структурная гибкость - способность каждого из станочных модулей функционировать при отказе другого, возможность проведения обработки на любом из однотипных ГПМ;
- реализация безлюдной технологии обработки, заключающаяся в автоматическом функционировании ГПЯ в течение определенного интервала времени без участия обслуживающего персонала или при ограниченном его числе. Степень и продолжительность этой реализации определяется вместимостью элементов технологического процесса, качеством и степенью автоматизации функционирования устройств ГПЯ для диагностирования заготовок, инструмента, оборудования и других элементов ГПЯ в процессе работы. Благодаря производственной гибкости, достигаются:
- автоматический (автоматизированный) переход на выпуск новой продукции в кратчайшее время и с наименьшими затратами;
- повышение производительности труда рабочих-станочников благодаря росту коэффициента загрузки станков;

обеспечение стабильности качества выпускаемых изделий в результате автоматизации всех элементов технологического процесса изготовления и проведения его без участия человека;
снижение без потери производительности станков размера партии изготавливаемых деталей до полумесячной или месячной программы с трех-, шестимесячной программы производства, характерной при использовании автономных станков с ЧПУ;

возможность производить детали в таком количестве и тогда, когда они нужны при сборке, т.е. иметь минимальные запасы и заделы, максимальные оборотные средства; изменение конструкции изделия в процессе его выпуска.

В результате структурной гибкости достигается:

обеспечение ритмичности производства благодаря работе основного количества технологического оборудования, несмотря на отказы отдельных его объектов;

обеспечение требуемой пропорциональности производства вследствие автоматического (автоматизированного) подключения к изготовлению требуемого вида изделия различного количества единиц однотипного технологического оборудования. В результате реализации безлюдной (малолюдной) технологии достигается:

переход на работу в две-три смены, круглосуточно, а в перспективе и круглогодично без выходных и праздничных дней с высвобождением людей от работы в ночное время;

улучшение условий труда, повышение культуры труда, поскольку оператор не связан с циклом работы станка;

улучшение техники безопасности и сокращение травматизма;

максимальный выпуск продукции с единицы технологического оборудования благодаря росту коэффициента его загрузки в результате сокращения потерь времени на переналадку при переходе на выпуск нового изделия и коэффициента сменности.

Области рационального применения ГПС - это мелкосерийное повторяющееся, средне- и крупносерийное производство. Применение ГПС в единичном и мелкосерийном неповторяющемся производстве возможно в особых случаях.

2. Разделение ГПС по организационным признакам: ГПМ, ГАУ, ГАЛ, ГАЦ и ГАЗ. Различие между РТК и ГПМ. Формы гибкости ГПС: машинная, технологическая, структурная, производственная и маршрутная.

Производственный процесс - совокупность всех действий людей, орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий РЭА, т.е. изготовление, сборка, контроль качества, хранение и перемещение деталей, полуфабрикатов и сборочных единиц на всех стадиях изготовления; организация снабжения и обслуживания рабочих мест, участков и цехов, управление всеми звеньями производства, а также **комплекс мероприятий** по технологической подготовке производства.

Технологический процесс согласно (ГОСТу 3.1109. Термины и определения. Основные понятия) - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Технологические процессы строят по основным методам их выполнения (процессы литья, механической и термической обработки, покрытий, сборки, монтажа и контроля РЭА) и разделяют на операции.

Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте (над одним или несколькими одновременно изготавливаемыми или собираемыми изделиями одним или несколькими рабочими). **Технологическая операция** является основной единицей производственного планирования и учета. На основе операций оценивается трудоемкость изготовления изделий и устанавливаются нормы времени и расценки, определяется требуемое количество рабочих, оборудования, приспособлений и инструментов, себестоимость изготовления (сборки); ведется календарное планирование и осуществляется контроль качества и сроков выполнения работ.

В условиях автоматизированного производства под **операцией** следует понимать **законченную часть технологического процесса**, выполняемую непрерывно на автоматической линии, которая состоит из нескольких единиц технологического оборудования, связанных автоматически действующими транспортно-загрузочными устройствами.

Кроме технологических операций в технологический процесс входят ряд необходимых вспомогательных операций (транспортных, контрольных, маркировочных и т.п.).

Операция, в свою очередь состоит из технологических переходов, установ, позиций (ГОСТ 3.1109). Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянном технологическом режиме и установке. Установ - часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы. Позиция - фиксированное положение, занимаемое

неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента.

Тип производственного процесса обусловлен типом производства. Тип производства характеризуется **коэффициентом закрепления** операций за одним рабочим местом $K=O/P$ (1), где О - количество различных операций, выполняемых на данном производстве; Р - количество рабочих мест для выполнения различных операций на данном производстве. Значение коэффициента К (коэффициент серийности) принимается для планового периода (1месяц) следующих типов производств:

- массового $K=1$;
- крупносерийного $1<K<10$;
- среднесерийного $10<K<20$;
- мелкосерийного $20<K<40$;
- К единичного производства не регламентируется и определяется специализацией рабочих мест или загруженностью рабочих мест одной и той же работой.

Массовое производство характеризуется узкой специализацией рабочих мест, за каждым из которых закреплено выполнение только одной операции. При массовом производстве изготовление одних и тех же изделий ведется непрерывно в большом количестве и в течение значительного промежутка времени. **Особенности массового производства:**

- размещение рабочих мест непосредственно одно за другим по ходу ТП;
- непрерывная механизированная передача объекта обработки (сборки) без межоперационного складирования;
- синхронизация (согласовывание по длительности) операций;
- широкое применение специализированных станков, приспособлений, технологической оснастки;
- автоматизация оборудования;
- использование неквалифицированной рабочей силы;
- минимальная себестоимость и срок изготовления.

Серийное производство характеризуется широкой специализацией рабочих мест и изготовлением различных изделий партиями, регулярно повторяющимися через определенные промежутки времени. За каждым рабочим местом закреплено несколько операций, выполняемых периодически. **При крупносерийном** производстве изделия изготавливаются большими партиями и без переналадки технологического оборудования в течение нескольких десятков смен. Период времени между переналадками оборудования при среднесерийном производстве составляет несколько рабочих смен, а при мелкосерийном - соизмерим с временем одной рабочей смены. Кроме того, подтипы серийного производства отличаются степенью автоматизации и специализации применяемого оборудования и приспособлений, отработанностью режимов выполнения операций, подробностью разработки ТП и др.

Единичное производство характеризуется универсальностью рабочих мест, за которыми нет закрепления операций. Изделия производятся в небольших количествах и их изготовление может повторяться через неопределенное время. **Особенности единичного производства:**

- применение универсального оборудования и приспособлений, нормализованного рабочего инструмента и универсального измерительного инструмента;
- расположение оборудования группами по типам станков;
- высокая квалификация рабочих;
- малая степень подробности разработки ТП;
- высокая степень концентрации ТП.

Технологические процессы в соответствии с ГОСТ 3.1109 подразделяются на:

- единичный ТП - ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства;
- типовой ТП - ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками;
- групповой ТП - ТП изготовления группы изделий с разными, но конструктивно общими признаками.

Состав типового технологического процесса изготовления РЭА включает в себя:

- входной контроль ТП;
- технологическая тренировка комплектующих ЭРЭ;
- сборка;
- электрический монтаж;
- технический контроль монтажа и сборки;
- защита изделия от влияния внешних воздействий;
- технологическая тренировка изделия;
- регулировка;
- испытания изделия;
- выходной контроль.

Для традиционной технологии характерно:

1. При массовом и крупносерийном производстве:

- единичные ТП с детальной проработкой;
- высокая степень специализации (дифференцирование ТП);
- полная синхронизация операций;
- поточные методы организации труда;
- однопредметные автоматические линии на базе специальных и агрегатных станков, которые расположены в направлении выполнения ТП;
- транспортная связь между ними с жестким ритмом (например, с помощью конвейеров);
- высокая степень автоматизации;
- высокая производительность труда;
- низкая универсальность;
- отсутствие гибкости (возможности автоматизированной переналадки на выпуск новых изделий);

2. При серийном производстве:

- групповые и типовые ТП с неполной детальной проработкой;
- средняя степень специализации;
- синхронизация операций;
- поточный метод организации труда;
- многопредметные автоматизированные или механизированные поточные линии на базе агрегатного или универсального оборудования с ЧПУ и механизированных рабочих мест;
- низкий уровень автоматизации;
- высокая универсальность;
- низкая гибкость;
- повышенная квалификация операторов;

3. При мелкосерийном производстве:

- групповые, единичные технологические процессы ТП без детальной проработки;
- низкий уровень специализации;
- укрупнение операций (интегрирование);
- требование синхронизации необязательно;
- применяют непоточные (позиционные) методы организации труда;
- универсальное оборудование, в т.ч. с ЧПУ, много неавтоматизированных операций;
- высокая универсальность, низкая гибкость;
- операторы высокой квалификации.

1.6. Структура и характеристики технологических систем.

Технологический процесс является сложной динамической системой, в которой в единый комплекс объединены оборудование, средства контроля и управления, вспомогательные и транспортные средства, обрабатывающие инструменты или среды, находящиеся в постоянном движении или изменении, объекты производства и люди, осуществляющие процесс и управляющие ими. Эта сложная динамическая система и есть технологическая система (ТС).

Специализация производства приводит к тому, что части ТС обособляются в виде отдельных участков, цехов, предприятий, отраслей. В ТС предприятия выделяются следующие функциональные подсистемы:

- технико-экономических показателей;
- технологической подготовки производства;
- материально-технического снабжения;
- оперативно-календарного планирования и управления основным и вспомогательным производством;
- сбыта готовой продукции;
- кадров;
- финансов;
- бухгалтерского учета и статотчетности.

Таким образом, под сложной системой, которой является технологическая система, будем понимать объект, предназначенный для выполнения заданных функций, который может быть расчленен на элементы, каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами системы.

Элемент системы характеризуется следующими признаками:

1. Выделяется в зависимости от поставленной задачи и может быть достаточно сложным;
2. При исследовании надежности системы элемент не расчленяется и показатели безотказности и долговечности относятся к элементу в целом;

3. Возможно восстановление работоспособности элемента независимо от других частей и элементов системы.

С позиций надежности могут быть следующие структуры сложных систем:

1. Расчлененные, у которых надежность отдельных элементов может быть заранее определена, т.к. отказ можно рассматривать как независимое событие;
2. Связанные, у которых отказ элементов является зависимым событием;
3. Комбинированные, состоящие из подсистем со связанной структурой и с независимым формированием показателей надежности для каждой из подсистем.

В основу деления систем на уровни иерархии, как правило, берется организационный признак, который позволяет отображать фактическую иерархию между элементами ТС. В качестве признака при построении иерархической структуры используется избранный метод управления: регулирование, обучение, адаптация, самоорганизация.

3. Надежность функционирования ГПС по параметрам: отказ, сбой и работоспособность. Требования к технологическому оборудованию для обработки деталей типа «тел вращения» и корпусных деталей. Состав РТК, РТЛ и РТУ. Определение потребности в РТК.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ - способность системы функционировать во всем диапазоне возможных изменений режимов и установленных предельных значений изменения ее выходных параметров. Ее оценивают по 4 группам показателей:

- технологическим (например, количество продукции в единицу времени);
- организационным (например, трудовые затраты);
- экономическим (экономические результаты деятельности, например, прибыль);
- комплексным (одновременно по нескольким показателям).

КАЧЕСТВО - совокупность свойств, обуславливающих способность системы отвечать определенным требованиям в соответствии с назначением системы. Основными показателями качества изготовленных изделий являются точность сформированных физико-химических свойств, выполненных размеров и формы элементов и деталей, надежность изделий.

НАДЕЖНОСТЬ - свойство системы выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в допустимых пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность характеризуется безотказностью, ремонтопригодностью, сохраняемостью и долговечностью. Количественные характеристики этих показателей носят вероятностный характер.

ТОЧНОСТЬ - это степень приближения действительных значений параметров, формируемых при изготовлении детали, к их заданному значению. Она обеспечивается выбором методов обработки, построением технологического процесса.

БЕЗОТКАЗНОСТЬ - свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов.

РЕМОНТОПРИГОДНОСТЬ - свойство изделия, характеризующее его приспособленность к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения техобслуживания и ремонта.

СОХРАНЯЕМОСТЬ - свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение и после заданного срока хранения и транспортирования.

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ - свойство изделия длительно сохранять работоспособность в определенных режимах эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния. Долговечность количественно оценивается техническим ресурсом.

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ - это взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач на стадиях проектирования, конструирования, ТПП, изготовления, испытания опытных образцов, передачи изделия в серийное производство и эксплуатацию, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат, сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Технологичность имеет качественные и количественные показатели.

Качественные показатели используют на ранних этапах конструирования и конструкторско-технологической обработки конструкторской документации (КД), когда количественная оценка технологичности затруднена. **Количественная оценка** технологичности конструкции включает:

1. Базовые (исходные) значения показателей технологичности конструкции, являющиеся предельными нормативами технологичности, обязательными при разработке РЭА;
2. Значения показателей технологичности, достигнутые при разработке изделия;
3. Показатели уровня технологичности конструкции.

Базовые значения указываются в ТЗ на разработку, а по отдельным видам РЭА (номенклатура устанавливается по отраслям) в ОСТ.

В соответствии с ГОСТ 14.201 "Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия" основными количественными показателями технологичности конструкции являются следующие:

1. Трудоемкость изготовления изделия, которая является суммой трудоемкостей изготовления всех сборочных единиц плюс трудоемкость сборки;
2. Удельная материалоемкость изделия (удельная металлоемкость, удельная энергоемкость и пр.), т.е. затраты материалов и энергии на выпуск единицы продукции;
3. Технологическая себестоимость изделия, т.е. себестоимость изготовления единицы продукции, включающая затраты на материалы, зарплату производственных рабочих и цеховые расходы;
4. Средняя оперативная трудоемкость технического обслуживания (ремонта) данного вида;
5. Средняя оперативная стоимость технического обслуживания (ремонта) данного вида;
6. Средняя оперативная продолжительность технического обслуживания (ремонта) данного вида;
7. Удельная трудоемкость изготовления изделия;
8. Трудоемкость монтажа;
9. Коэффициент применяемости материала;
10. Коэффициент унификации конструктивных элементов;
11. Коэффициент сборности.

Следует отметить, что те или иные перечисленные выше показатели технологичности применяются в зависимости от вида изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект). Так, например, показатель трудоемкости монтажа не используется при оценке технологичности детали и комплекта.

В радиоэлектронной промышленности принято рассчитывать уровень технологичности K_{4yt0} следующим образом: $K_{4yt0} = 1 - T_{4и0} / T_{4бп0}$ (2), где $T_{4и0}$ - расчетная трудоемкость изделия, $T_{4бп0}$ - базовый показатель технологичности.

Отработка конструкции на технологичность осуществляется на всех этапах разработки изделия и на каждой стадии принимается одно из решений:

1. Утвердить достигнутый уровень;
2. Довести до требуемого уровня на данной стадии разработки (доработка);
3. Довести до требуемого уровня на следующей стадии;
4. Корректировка показателя технологичности.

С целью ускорения получения оценок технологических конструкций, повышения их качества и достоверности, указанные работы выполняются с применением ЭВМ, путем организации в автоматизированной системе технологической подготовки производства (АСТПП) соответствующих подсистем.

Надежность функционирования

Надежность функционирования ЭВМ оценивается рядом показателей, имеющих вероятностный характер, например [с.10]

Подсистема АСУ ТП управляет оборудованием с ЧПУ по изготовлению оснастки, деталей и узлов изделий, управляет автоматическим складированием деталей и узлов, управляет транспортной сетью, технологическими, сборочными и транспортными роботами, осуществляет контроль и диагностирование продукции и технологического оборудования, обеспечивает надежность функционирования производственной системы в целом. [с.380]

Анализируя роль каждой подсистемы в процессе функционирования ГАП, можно прийти к выводу, что для получения высокого технико-экономического эффекта от использования ГАП прежде всего требуется высокий уровень развития и внедрения САПР, что подразумевает новый, более высокий уровень организации сквозной САПР технических объектов, включающий в себя все этапы и уровни проектирования объектов, в том числе и САПР технологической подготовки производства повышение качества и надежности функционирования всех компонентов САПР, что должно обеспечить бездефектное проектирование объектов новой техники и их производства разработку и организацию автоматизированных систем информационного обеспечения, предназначенных для сбора и обмена [с.380]

Представляет интерес определение температурного состояния, расчет предельных параметров и оптимальных условий надежного функционирования системы. [с.117]

При децентрализованном управлении движением механизмов в функции положения звеньев информация

передается от упоров, путевых и конечных переключателей и выключателей или иных датчиков положения или перемещения. Надежность функционирования системы механизмов при децентрализованном управлении зависит от надежности датчиков и других элементов системы управления. Децентрализованное управление может быть также с регулированием по заданным режимам работы (например, по давлению, предельной нагрузке, скорости и т.д.). [с.480]

Известно, что при практической реализации тех или иных теоретических разработок в них зачастую вносятся существенные коррективы, даже если какая-либо концепция или теория казались, на первый взгляд, абсолютно фундаментальными и решающими в полном объеме конкретную проблему. Особенно это касается исследований, направленных на обеспечение надежного функционирования сложных технологических систем, основу которых составляют разнообразные гетерогенные материалы, многостадийные процессы добычи и переработки углеводородного сырья, жесткие режимы движения рабочего продукта внутри оборудования оболочкового типа, испытывающего воздействие коррозионных сред и механических нагрузок. Учесть влияние всех факторов, которые играют существенную роль в механизмах процессов, происходящих в таких системах, чрезвычайно сложно, а чаще всего невозможно. Поэтому в данном случае теоретические разработки могут служить лишь в качестве подхода к решению проблемы. Достижение же окончательного решения возможно только на пути использования всего накопленного практического опыта в той области, в которой проблема возникла. [с.5]

Внутренняя — информация о выполнении плановых заданий, качестве обслуживания и надежности функционирования оборудования, качестве выполнения работ потехническому обслуживанию, культуре труда и выполнении социалистических обязательств. [с.145]

Анализ работоспособности сложной системы связан с изучением ее структуры и тех взаимосвязей, которые определяют ее надежное функционирование. Важную роль при этом играет выделение элементов, составляющих данную систему. [с.177]

В общем случае оценка схемной надежности более пригодна для определения надежности функционирования изделия, а рассмотрение схемы со связанными элементами характерно для определения параметрической надежности. [с.191]

Объектом стандартизации надежности могут быть, во-первых, материалы, образцы, заготовки, детали, для которых характерна надежность функционирования. Поэтому соответствующие стандарты относятся к прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и другим показателям сопротивляемости изделия внешним воздействиям. Во-вторых, системы, машины, агрегаты, механизмы, в которых основную роль играет параметрическая надежность. [с.424]

Таким образом, учет фактора надежности при проектировании магистральных газопроводов существенно влияет на их оптимальные параметры и техничко-экономические показатели. Повышение надежности и стабильности поставок газа достигается за счет комбинации мероприятий, из которых одни обеспечивают повышение надежности функционирования самого газопровода, другие — снижение дефицита, возникающего при авариях на линейной части и станциях газопровода, за счет общесистемных оперативных резервов. Косвенным эффектом комплекса рекомендуемых мероприятий является повышение коэффициента использования мощностей, экономия резервного топлива у потребителей ЕСГ, получающих дополнительные количества газа при авариях на газопроводе. Действующие методические указания для расчета экономического эффекта регламентируют сопоставление затрат на рекомендуемые технические мероприятия с альтернативным вариантом, приводящим к тем же результатам. Экономическая эффективность по газопроводу Уренгой — Ужгород была подсчитана для каждого этапа строительства и составила более 11 млн руб./год по первому этапу и около 43 млн руб./год — по второму. [с.202]

Обеспечение климатической стойкости изделий является одной из важных обязанностей изготовителя, поскольку стойкость к влияниям среды — основное условие надежного функционирования в эксплуатации. [с.100]

Если остаточные или создаваемые нагружением напряжения могут повлиять на надежность функционирования изделия, следует выбирать для его изготовления материалы, стойкие к межкристаллитной коррозии и коррозионному растрескиванию. [с.46]

Модель Спринт [151] предназначена для оценки эффективности различных сочетаний средств регулирования многолетних неравномерностей расхода топлива с точки зрения достигаемых показателей надежности - вероятности безотказной работы системы топливоснабжения и среднего недоотпуска продукции (см. разд. 2). Поскольку в данном случае в качестве отказа рассматривается дефицит топлива в системе, эти показатели представляют собой вероятность дефицита топлива и математическое

ожидание (для анализируемого периода времени) дефицита топлива. Меня в рамках заданных ограничений состав средств резервирования, можно оценить, к каким последствиям для надежности функционирования исследуемой системы это приведет. Если затраты на создание и содержание средств резервирования выражены в стоимостной форме и имеется возможность экономической оценки последствий от ненадежной работы исследуемой системы, то оптимальный состав средств резервирования определяется путем минимизации суммы из двух величин затрат на резервирование иматематического ожидания ущерба от дефицита топлива. [с.418]

Обеспечение надежного функционирования после продолжительного периода нахождения арматуры в закрытом или открытом положении. [с.11]

Приемо-сдаточные испытания АРЛ проводят для установления соответствия фактических и достигнутых показателей. Порядок проведения приемо-сдаточных испытаний установлен методикой и программой испытаний, которая составляется для каждой АРЛ отдельно с учетом особенностей технологии и конструкции АРЛ. При испытаниях определяют параметры надежности функционирования узлов и механизмов АРЛ, производительности на наладочном и рабочем режимах эксплуатации, точности выполнения технологических переходов и соответствие требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.009-80. [с.328]

Работоспособность и надежность функционирования изделий оценивается в процессе производства, как правило, путем проведения соответствующих испытаний. В связи с этим особое значение приобретают качество и полнота объема испытаний изделий, их узлов и деталей. Трудоемкость контрольно-испытательных операций при изготовлении некоторых видов изделий доходит до 50% от общей трудоемкости сборки и испытаний изделия. [с.93]

В серийном и массовом производстве заданное качество общей совокупности изготавливаемых изделий (либо массы производимого продукта) должно гарантироваться высоким уровнем надежности процессов, осуществляемых в технологических системах оборудование (машины или аппараты), обрабатываемая заготовка (сырье), рабочий инструмент, технологическая среда. Надежность функционирования таких систем зависит как от надежности их элементов, так и от надежности взаимодействия между элементами в системе. [с.198]

Для возможности проведения промышленного эксперимента необходимо, таким образом, обеспечить как надежность функционирования оборудования в ее производственном понимании, так и соблюдение ряда накладываемых экспериментом дополнительных условий. Необходимо, в частности, чтобы бесперебойно действовала вся система измерений и не нарушалась запланированная организация опыта. Каждый из перечисленных процессов и каждое из условий имеют вероятностный характер и могут быть оценены в результате специальной статистической обработки длительных эксплуатационных наблюдений. В дальнейшем изложении под термином надежность мы будем понимать надежность опыта во всей совокупности определяющих его условий

1. 7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: Структурно-компоновочные схемы ГПС.

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Методы имитационного моделирования по воспроизводству отдельных ситуаций производственного процесса на ЭВМ.
2. Расчет годовой программы выпуска. Производительность ГПС.
3. Организационно-технический уровень ГПС.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Методы имитационного моделирования по воспроизводству отдельных ситуаций производственного процесса на ЭВМ.

В современных условиях (начиная с 1980-х гг.) под влиянием научнотехнического прогресса в технике и технологии машиностроения происходят существенные изменения форм организации производства товаров, обусловленные механизацией и автоматизацией бизнес-процессов. Одной из таких форм, получившей применение при внедрении средств автоматизации в гибкую производственную систему, является интегрированная форма организации производства, которая предполагает объединение основных и вспомогательных операций в единый производственный процесс с линейной и/или ячеистой (матричной) структурой при параллельно-последовательной и/или параллельной передаче предметов труда в

производстве⁷⁰. В отличие от существующей практики раздельного проектирования операций/микропроцессов складирования, транспортировки, управления и обработки на участках с интегрированной формой организации эти частичные процессы увязываются в единый производственный процесс. Это достигается путем объединения всех рабочих мест с помощью автоматического транспортно-складского комплекса, который представляет собой совокупность взаимосвязанных, автоматических и складских устройств, средств вычислительной техники, предназначенных для организации хранения и перемещения предметов труда между отдельными рабочими местами. Управление ходом производственного процесса здесь осуществляется с помощью ЭВМ, что обеспечивает функционирование всех элементов/участков производственной системы по следующей схеме: поиск необходимой заготовки на складе — транспортировка заготовки к станку — обработка — возвращение детали на склад. Для компенсации отклонений во времени при транспортировке и обработке деталей на отдельных рабочих местах создаются буферные склады межоперационного и страхового заделов [1, 3, 5, 27, 28].

Экономический эффект при переходе к интегрированной форме организации производства достигается за счет сокращения длительности производственного цикла изготовления деталей, увеличения времени загрузки станков, улучшения регулирования и контроля процесса производства. Принципиальной особенностью интегрированных производств является наличие новой компоненты — компьютерной системы управления, а также широкого применения информационных технологий, обеспечивающих возможность увязки отдельных процессов, функций и задач в единую систему для повышения эффективности производства. Дальнейшее развитие работ в данном направлении в конце 1980-х — начале 1990-х годов привело к появлению понятия компьютеризированного интегрированного производства (КИП). Концепция КИП подразумевала новый подход к организации и управлению производством, новизна которого заключалась не только в применении компьютерных технологий для автоматизации технологических процессов и операций, но в создании интегрированной информационной системы управления производственной деятельностью предприятия. Предполагалось, что достижение информационной интеграции производственнотехнологических процессов возможно осуществить на основе использования общих баз данных, позволяющих более эффективно решать вопросы разработки и проектирования изделий, инженерной подготовки, планирования и регулирования производства, решения задач материально-технического обеспечения, охватывая таким образом все бизнес-процессы предприятия.

Разработке и практическому воплощению концепции КИП был посвящен целый ряд работ российских и зарубежных ученых [2, 16, 89, 101, 117, 118, 142]. В рамках государственной научно-технической программы «Технологии, машины и производства будущего» в 1988 в СССР началась реализация комплекса проектов по созданию автоматизированных заводов (АЗ) «Красный пролетарий» по производству металлорежущих станков и «Тверского завода штампов», представляющих собой попытку практической реализации концепции КИП. Было выполнено предварительное проектирование АЗ, изготовлены опытные образцы нового оборудования, создан испытательный полигон, созданы основные компоненты интегрированной автоматизированной системы управления. Ряд подобных проектов был осуществлен также и за рубежом. Одним из первых стал проект АЗ, реализованный в Японии фирмой Mazak, для производства деталей металлорежущих станков. Завод включал в себя: комплекс гибких производственных модулей (ГПМ) и ГПС, автоматизированные склады, робокарную транспортную систему. Предусматривалось использование компьютерных сетей для сервисной и технической поддержки филиалов, а также взаимодействия с предприятиями-поставщиками комплектующих изделий. В целом за период 1985–1995 гг. в разных странах было создано около 20 КИП с различным уровнем автоматизации, из которых восемь АЗ выпускали металлорежущее оборудование, четыре — изделия для аэрокосмической промышленности (США), остальные КИП были ориентированы на выпуск различных агрегатов широкой номенклатуры, включая компоненты вычислительной техники и электрических машин. От внедрения КИП ожидалось: уменьшение размеров предприятий, увеличение коэффициента использования оборудования и снижение накладных расходов, значительное уменьшение объема незавершенного производства, сокращение затрат на рабочую силу в результате организации «безлюдного» производства, ускорение сменяемости моделей выпускаемой продукции в соответствии с требованиями рынка, сокращение сроков поставок продукции и повышение ее качества [32, 36, 44, 45, 94, 95, 148].

Тем не менее, несмотря на то, что изысканиям в области применения информационных технологий в гибком производстве было посвящено значительное число научных исследований, а на создание экспериментальных компьютерно-интегрированных производств затрачены значительные финансовые средства, — достичь поставленной научно-практической задачи общей/глобальной интеграции производственного процесса посредством автоматизации управления не удалось. По ряду объективных причин, а также из-за допущенных методологических ошибок системотехнического характера, проекты не были реализованы в полном объеме, а научно-технический задел, полученный в результате проведенных НИОКР, использован в проектах меньшего масштаба. Неудачи в реализации идей и принципов КИП, равно как и многих проектов по разработке автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУПП) в 1980–90-х гг. были обусловлены тем, что в их концепцию изначально заложен принцип максимально возможной степени автоматизации управления, практически полностью исключая участие людей-операторов (лиц принимающих решения) в управлении производством [3]. Сторонники замены естественного интеллекта человека его искусственным подобием для решения

различных практических задач изначально ограничились изучением закономерностей поведения объектов управления (ввиду их сложности) на основе сравнения входных воздействий и выходных результатов, игнорируя при этом их внутреннее устройство. Данный методологический подход, известный в кибернетической науке как принцип «черного ящика», получил широкое развитие в теории автоматического управления и обеспечил удовлетворительные результаты в создании технических устройств [12, 19]. Однако, попытки расширить границы его применения до уровня управления сложными социально-экономическими системами с активными элементами (людьми) оказались бесперспективными. По данной причине, несмотря на существенный вклад этой категории исследований в инженерию знаний, реализация многих проектов автоматизированных систем управления в 1980–90х годах XX века закончилась отрицательным результатом. Неуклонное следование идее замены человека машиной поставило перед исследователями и разработчиками КИП сложную методологическую проблему адекватного представления в машинной среде знаний о реальных объектах и процессах, решить которую посредством аппарата теории автоматического управления и формализованных методов классической математики объективно не возможно в подавляющем большинстве случаев. Попытки решения трудно формализуемых и не формализуемых задач управления, преобладающих в сложных производственно-экономических системах, с помощью ограниченного интеллекта ЭВМ с классической архитектурой приводили к грубым ошибкам в оперативном регулировании сложного динамического процесса производства. Неразрешимые в рамках этого направления методологические проблемы не позволили разработчикам создать в машинной среде автономную (т.е. не требующую дополнительного обращения к интеллекту человека) модель управления производством. Компромиссным/частичным решением сложной задачи автоматизации управления производственной деятельностью стали проектные и планово-учетные аналитические задачи, реализуемые с помощью систем поддержки принятия решений в составе так называемых корпоративных информационных систем (КИС).

В конечном итоге концепция КИП исчерпала свои возможности в 1990-х. гг., ограничившись задачами автоматизации технологических операций (процессов) в многофункциональных обрабатывающих центрах, позволяющих изготавливать детали на одном рабочем месте в одну установку. Создаваемые на их основе гибкие роботизированные производства с избыточной функциональностью (ГПС/Flexible manufacturing system/FMS) способны в полуавтоматическом (условно-автономном) режиме осуществлять параллельную обработку деталей/многопредметное производство изделий в пределах заданной номенклатуры без необходимости прерывания на переналадку и/или передачи предметов труда на другие обрабатывающие центры. Приспособление к выпуску новых изделий осуществляется за счет изменения рабочего состояния (переналаживания технических средств/инструмента, перепрограммирования системы управления и т.п.) ГПС [10, 16, 22, 97].

Основу большей части адаптивных/гибких роботизированных производственных систем составляют многофункциональные обрабатывающие центры на базе вертикальных токарных станков (например, многофункциональный обрабатывающий центр серий C50U производства немецкой станкостроительной фирмы Maschinenfabrik Berthold Hermle AG, представленный на рис. 3.1/а), которые способны выполнять практически любые технологические операции в одну установку заготовки/детали (токарная обработка, фрезерование, сверление, развертывание, шлифование, резьбонарезание, зубофрезерование, лазерная сварка).

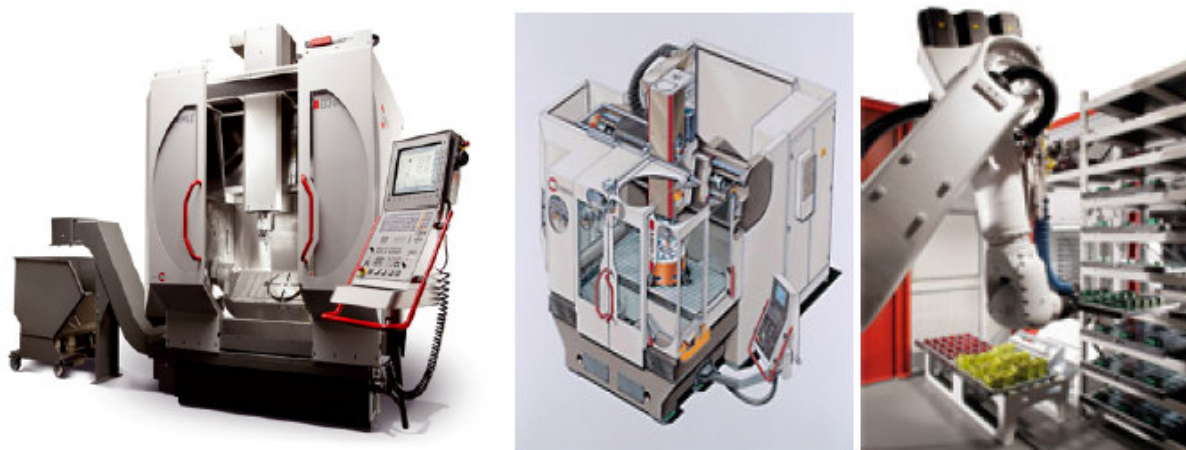


Рис..1. Гибкая роботизированная производственная система, реализованная на базе многофункциональных обрабатывающих центров (а) и роботизированной системы загрузки/выгрузки деталей со стеллажом (б) ⁷¹

В результате их объединения с роботизированной системой загрузки/выгрузки деталей и большегрузным стеллажом может быть создана высокопроизводительная адаптивная производственная система (в качестве примера на рис.1/б приведена роботизированная система RS4 той же станкостроительной фирмы). Такая ГПС может включать до трех встроенных обрабатывающих центров с возможностью ее разблокировки относительно того или иного обрабатывающего центра. Это позволяет

обслуживать как роботизированную систему, так и обрабатывающий центр вручную, не прерывая автоматический процесс работы другого модуля. В такой системе можно использовать сменные большегрузные стеллажи самой различной конструкции. С помощью автоматически заменяемых одинарных/двойных захватов возможна загрузка и выгрузка заготовок, обрабатываемых деталей и палет. Это обеспечивает максимальную степень адаптивности применительно к размерам деталей (длительное время работы шпинделя) и оптимальную загрузку в трехсменном режиме, в том числе и в выходные дни (малолюдное/безлюдное производство).

Перспективные разработки в направлении увеличения функциональной избыточности производственных участков механической обработки, с преимущественным использованием машин и оборудования автоматического действия, направлены на развитие новой концепции мехатронных обрабатывающих центров/модулей, обладающих возможностью автоматического изменения их инструментальной компоновки и пространственной конфигурации в реальном режиме работы прерывнопоточного производства. Таким образом, преодоление упомянутых в главах 1 и 2 настоящей работы противоречий между технологической базой индустриального (массового и серийного) производства, в том числе и в автомобилестроении, рассчитанной на постоянный выпуск одномоделной продукции, и новыми требованиями конкурентного рынка осуществляется в направлении замены станков и агрегатов с жесткой функциональной структурой и компоновкой на гибкие производственные модули/системы (ГПС/FMS) с последующим переходом в будущем на реконфигурируемые производственные системы (ППС/Reconfigurable manufacturing system/RMS), обладающих возможностью изменения/адаптации пространственно-временной организации (архитектуры) производственной системы к изменениям рыночного спроса на продукцию в зависимости от применяемых методов организации производства. Развиваемая за рубежом концепция RMS, рассматривается как альтернатива гибким производственным системам. Ее реализация началась за рубежом с середины 90-х г. в США и затем в Германии, Японии (Koren Y., Ulsoy A.G., Mehrabi M.G.). С этой целью был создан и активно действует научно-исследовательский центр в составе Мичиганского университета, который по сути является национальным центром развития и реализации концепции RMS в США (Engineering manufacturing center for Reconfigurable manufacturing systems, University of Michigan), которая вписана в концепцию национального развития машиностроительного производства до 2020 года (Visionary manufacturing challenges for 2020), как одно из основных научно — исследовательских направлений по созданию реконфигурируемых производств и предприятий (Reconfigurable enterprises). При данном центре образован и действует экспериментальный завод для проведения и реализации исследований. Как видно из рисунка 2, модули/ячейки RMS работают одновременно и сконструированы так, что при выполнении одного рабочего цикла одновременно осуществляется несколько операций различных видов. Последнее исключает необходимость перемещения и ожидания деталей в очереди между операциями обработки, снижают уровень материальнопроизводственных запасов и количество рабочих обеспечивая минимизацию затрат и увеличение оборачиваемости ресурсов.

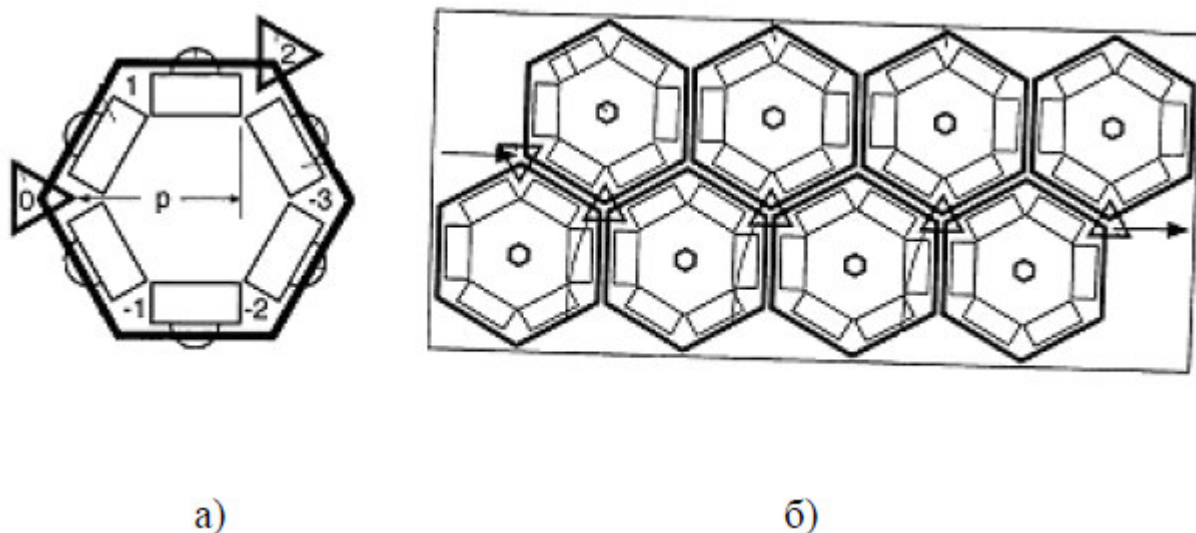


Рис.2. Планировка участка реконфигурируемого производства на основе сотовых производственных ячеек/модулей⁷²

Блочно-модульная/матричная структура реконфигурируемой производственной системы дает возможность компоновать многомерные виртуальные технологические цепочки с различной пространственно-временной конфигурацией. Это позволяет попеременно включать технологические ячейки в работу при последовательном чередовании сходных технологических процессов/партий предметов труда на многопредметных групповых/ переменнo-поточных линиях со сплошным запуском. Организация

производства на основе подобного рода функционально избыточных модулей в виде распределенной производственно-технологической среды позволяет одновременно (параллельно) выполнять большую часть технологических операций по обработке предметов труда, что является наиболее эффективным в отношении производительности, так как позволяет значительно (на 2/3) сократить время их пребывания в производственном процессе (повысить производительность), обеспечивая минимизацию затрат и увеличение оборачиваемости ресурсов.

На большинстве отечественных предприятий машиностроения, независимо от используемых ими моделей организации производства (традиционной или гибкой), этапы производственного процесса чаще всего выполняется последовательно. Это приводит к тому, что время прохождения изделия через технологический процесс включает продолжительность всех последовательно осуществляемых этапов производства, а также непроизводительные потери времени на транспортировку деталей и ожидание между операциями по их обработке. В свою очередь, усиление конкурентной борьбы производителей на товарных рынках после 1980-х гг. требует, помимо обеспечения высокого качества и оптимальной стоимости продукции, — быстроты реакции на запросы потребителей. На сегодняшний день основным конкурентным преимуществом становится высокая скорость выполнения заказов в условиях нестабильной конъюнктуры рынка. Данное преимущество может быть обеспечено сокращением производственного цикла (повышением мощности производственной системы) за счет организации параллельных технологических процессов на основе применения комплекса многофункциональных обрабатывающих центров со сосредоточенным (точечным по О.Г. Туровцу) выполнением детапеопераций. При точечной форме организации производства (выполнения различных детапеопераций) работа полностью выполняется на одном рабочем месте. Изделие изготавливается там, где находится его основная часть (аналогом служит сборка изделия/строительство здания с перемещением рабочих вокруг него). Организация точечного производства имеет ряд достоинств: обеспечивается возможность частых изменений конструкции изделий и последовательности обработки, изготовления изделий разнообразной номенклатуры в количестве, определяемом потребностями рынка; снижаются затраты, связанные с изменением расположения оборудования, повышается гибкость производства [97]. Проведение дальнейших исследовательских и опытно-конструкторских работ в этом направлении предполагает преимущественное использование машин и оборудования автоматического действия, и связаны с развитием новой концепции мехатронных обрабатывающих центров/модулей, обладающих возможностью автоматического изменения их инструментальной компоновки и пространственной конфигурации в реальном режиме работы прерывнопоточного производства⁷³. Созданию подобного рода систем в нашей стране послужили проведенные в 1970-х годах двадцатого столетия фундаментальные исследования в области развития теории систем машин автоматического действия (Артоболевский И.И., Ильинский Д.Я., Петрокас Л.В.). Изучение возможностей и формирование принципов изменения компоновки в системах машин осуществляется в настоящее время в МГТУ им. Н.Э.Баумана. Аналогичные исследования по созданию и применению RMS в машиностроении проводятся в Тольяттинском государственном университете проф. Царевым А.М. [143]. На рис. 3 представлена компоновочная схема участка реконфигурируемого производства.

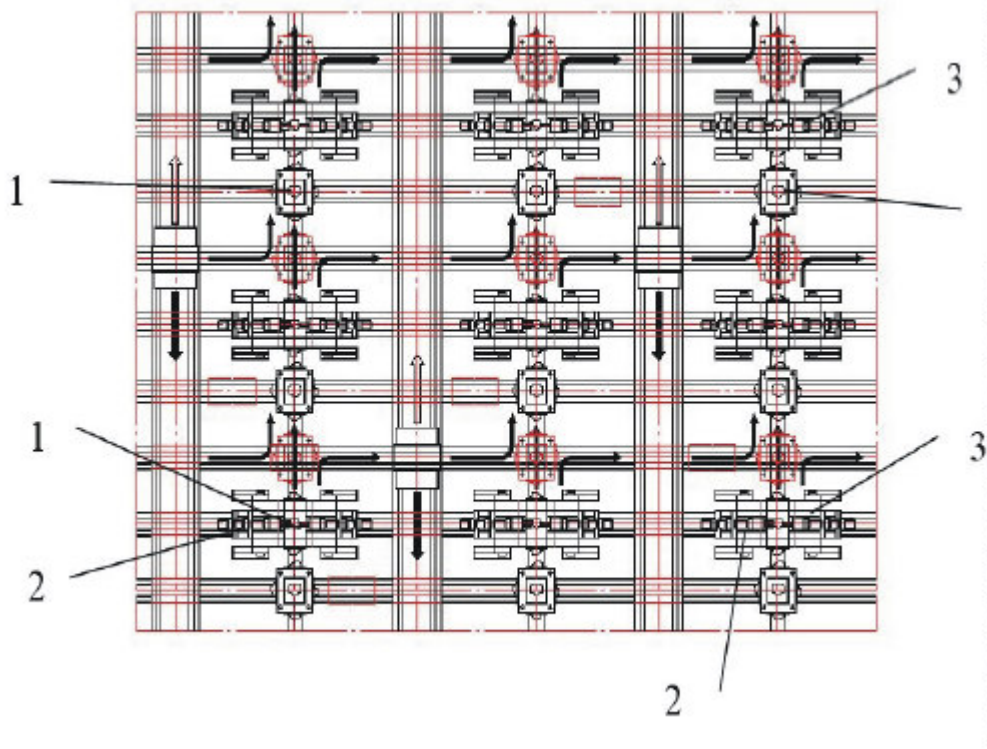


Рис.3. Компоновочная схема участка реконфигурируемого производства, реализованного на базе перекомпоновуемых производственных систем/модулей

Последний представляет собой технологически однородную среду (матричную плоскость), включающую перекомпоновуемые блочно-модульные элементы основного и вспомогательного оборудования, несущие опорные и строительные конструкции, а также размещенные между ними пути перемещений технологических/транспортных потоков и коммуникации обслуживания. Узел 1, показанный на схеме, является носителем обрабатываемых деталей или исполнительных механизмов и устройств и позволяет осуществлять одновременную обработку всех деталей, закрепленных на боковых гранях (посредством плит с Т-образными пазами и поворотноделительных столов). При общем количестве граней, равном 6, на корпусе носителя 1 одновременно на всех гранях детали подвергаются многосторонней обработке с различных сторон многоинструментальными узлами 2 и 3. Возможность доступа инструмента на обрабатывающих узлах 2, 3 к обрабатываемым деталям на гранях корпуса носителя 1 обеспечивается свободной зоной подвода инструмента с применением обрабатывающих узлов 2, 3. Обрабатывающие узлы и носитель являются автоматически сменными [144].

Современная концепция перекомпоновуемых систем реконфигурируемого производства, являющаяся следствием интеграции различных типов производства, предоставляет широкие возможности для повышения мощности/интенсивности и адаптации производства, но требует точной координации (синхронизации) параллельных технологических процессов/операций в составе единой производственной системы с целью ее непрерывной работы. Для того чтобы параллельные операции выполнялись в общем операционном процессе согласованно, обеспечивая тем самым непрерывную обработку и перемещение предметов труда от операции к операции подобно потоку, необходимо соблюдение двух основных условий известных в теории организации как принципы пропорциональности (равномерности) и временной согласованности (ритмичности) совместных действий [13]. Реализация принципа пропорциональности подлежащего обработке объема материальных (информационных) ресурсов или работ на равные доли, которые обладают общей для операционной системы размерностью (например, планово-учетная единица в машиностроении, или унифицированная единица измерения количества информации в вычислительной системе — «бит» и т.п.). Реализация принципа согласованности операций во времени заключается в дискретизации операционного цикла на равные по времени отрезки, обладающие единой общесистемной размерностью называемой тактом операционной системы. Таким образом, в сложной операционной системе, допускающей использование нескольких параллельно работающих процессоров, многочисленные операции должны выполняться в равных (кратных) объемах и в равные промежутки времени, которые соответствуют такту работы системы.

Равномерное и ритмичное осуществление совместных действий (параллельных операций) в организационной науке (в частности в организационной системотехнике) принято называть выравниванием движения потоков материальных (информационных) ресурсов/хода работ или синхронизацией, а показатель производительности операционной системы, измеряемый как объем операций, выполняемый за один такт

работы системы системоквантом (в англоязычной терминологии «pitch» — питч). Рассчитывается системоквант/питч исходя из числа изделий, размещающихся в одном транспортном контейнере готовых изделий, или в нескольких целых контейнерах или их частях. Системоквант/питч — это произведение времени изготовления одного изделия на задающем ритм участке на число готовых изделий в транспортном контейнере. Данное число является основной плановоучетной единицей при составлении производственного плана выпуска изделий в TPS. Синхронизация является наиболее эффективным методом системной организации параллельной непрерывной работы нескольких исполнительных устройств в общем процессе функционирования операционной системы, а также его адаптации к меняющимся условиям внешней среды. В свою очередь это требует применения более эффективных способов (например, интеллектуальных методов и распределенных/ассоциативных моделей) управления комплексными исполнительными устройствами, параллельно работающими в единой операционной системе, с целью четкой координации их совместной деятельности

2. Расчет годовой программы выпуска. Производительность ГПС.

Сегодня при организации управления интегрированным производством предпринимаются безуспешные попытки использовать для этих целей принципы и средства автоматического регулирования, а также аппарат классической математики (вариационные и дифференциальные исчисления, логика предикатов и т.п.), применяемый разработчиками для формализованного описания (моделирования) сложных производственных процессов [14, 15, 71, 90, 108]. Однако представленные ниже рассуждения, объективно доказывают, что попытки эффективно решить эту актуальную научно-техническую задачу ограниченными средствами прагматики — бесперспективны. Обусловлено это тем, что принципы построения и законы функционирования адаптивных производственных систем, существенно отличаются от тех, что используются при организации массового, серийного и/или гибкого позаказно-поточного производства. Для их формулирования напомним, что адаптивные системы живой природы, которые являются прототипом интегрированных производственных систем, представляют собой органическую совокупность простых/базовых элементов, «эволюционная сборка» которых в единое целое, осуществляется с помощью различных типов связей и последующей их дифференцировкой по выполняемым функциям (ответной реакции на состояние среды). Каждый элемент интегрированной адаптивной системы концептуально формируется как жесткая условно-автономная программа/модуль восприятия характеристики среды и ограниченного набора ответных действий на ее изменение. С целью согласования параллельной работы элементов интегрированной системы осуществляется консолидация программ «двигательных ответов» различной сложности посредством образования между ними гибких информационных связей, образующихся посредством последовательного объединения (ассоциирования) специфических элементов подсистемы управления (аналогами которых являются цепочки релеавтоматов/ансамбли формальных нейронов, используемые технической кибернетикой) по которым передаются импульсы инициализации/остановки программ. Таким кибернетическим способом обеспечивается рост функциональной избыточности и образование более сложных координированных (синхронизированных), и соответственно, адекватных воздействию среды программ «двигательных ответов» системы.

Морфологически (структурно) формирование/программирование сложных синхронизированных ответов на воздействие среды реализуется посредством «погружения» программ в распределенную однородную информационную среду ассоциативного типа, которая способна гибко менять и дополнять связи между генетически заданными программами рецепторно-двигательных комплексов (РДК) без каких-либо ограничений в функционировании адаптивной системы. Естественнонаучные эксперименты в области нейрокибернетики убедительно доказывают, что природа использует простые элементы (программы) для создания сложных форм организации материи, а управление параллельными процессами их функционирования в единой системе мироздания осуществляется на основе ассоциативных связей, образующих распределенную ассоциативную среду информационного взаимодействия [70, 135].

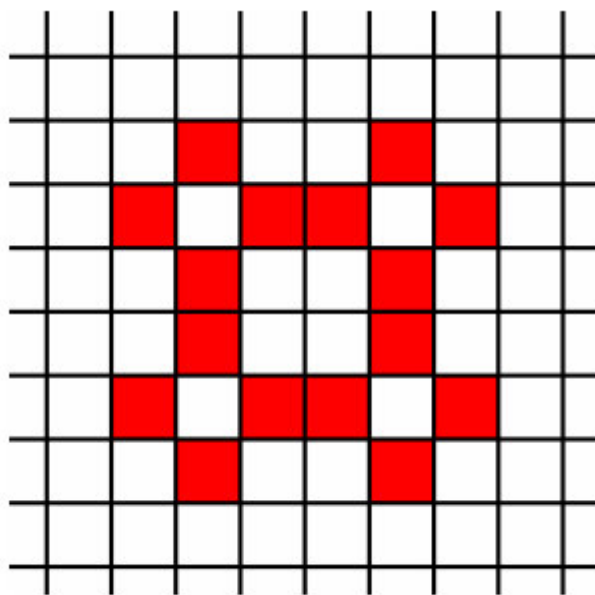
Процессы информационного взаимодействия активных элементов в адаптивных (саморегулируемых/интеллектуальных) системах изучаются с начала 1950-х гг. XX в. различными направлениями теоретической кибернетики: теорией автоматов, робастных и многоагентных систем, нейроинформатикой, в частности разработчиками систем распределенного искусственного интеллекта, на основе объединения/ассоциирования в сложные многомерные сети различных преобразователей (логических решателей и программ обработки) дискретной информации [11, 54, 102, 109, 125, 136, 154]. Последние являются математическими абстракциями (динамическими имитационными моделями) реально существующих процессов переработки информации в биологических, вычислительных, производственноэкономических и других интегрированных системах, которые позволяют объективно исследовать и характеризовать принципы их построения и функционирования.

Наиболее удачная в технологическом отношении реализация этого подхода успешно осуществлена (на наш взгляд) английским ученым-математиком Стефаном Вольфрамом (1986, 1991), которым на основе известного аппарата теории клеточных автоматов была разработана универсальная компьютерная среда для моделирования и исследования динамических систем (программа Mathematica), созданная путем интеграции простых компьютерных программ, называемых cellular automata (клеточный автомат)⁷⁴. Распределенные

вычислительные среды можно рассматривать как конечный набор математических объектов (которые рассматриваются в виде абстракции базовых элементов динамических систем), осуществляющих простейшие вычислительные и логические операции (типа и, или, не) и определенным образом соединенные (ассоциированные) информационными связями в электронной среде ЭВМ. Отличительной особенностью данного класса программных продуктов является интерактивный режим их работы, позволяющий посредством специально разработанного интеллектуального интерфейса наглядно представлять графоаналитическую развертку вычислительной среды и разворачивающихся на ее «клеточном» субстрате информационных процессов, что позволяет использовать творческую интуицию и опыт специалистов-исследователей при моделировании систем.

Из логики предыдущих рассуждений следует, что данный инструментарий можно с полным основанием использовать при решении задач организации управления сложными технологическими процессами в распределенной производственной среде, что предполагает переход в будущем на перекомпоновываемые производственные модули/участки мехобработки и создание на этой основе полностью автоматизированного/безлюдного адаптивного производства. Перекомпоновываемость автоматических систем машин/оборудования (Recomponation) обеспечивает сменяемость исполнительных узлов призматической формы (инструмента) и параллельность многоместной точечной обработки деталей, располагаемых на носителях/порталах с поворотными делительными столами на боковых гранях. Это повышает возможности реконфигурации (Reconfiguration) производственной системы и является главным звеном/направлением автоматизации инженерной подготовки и повышения технологической гибкости машиностроительного (обрабатывающего) производства [144].

Условно-автономные перекомпоновываемые модули адаптивной производственной системы могут быть представлены в распределенной информационной среде ЭВМ в виде отдельных ячеек информационной матрицы, положение/состояние которых в пространстве отображается отдельной клеткой (локусом/фишкой), а каждый момент времени — дискретным временным шагом производственно-технологического цикла ($t=0, 1, 2, \dots$). Состояние каждого модуля определяется заданными правилами пространственно-временного взаимодействия локусов/фишек, инвариант которого определяется в режиме реального времени на следующем шаге/такте работы производственной/операционной системы $t+1$ и отображается изменением цвета ячейки исходя из текущего состояния/цвета соседних модулей/клеток в момент времени t (см.: рис.4).



а)

Рис. 4. Формализованное представление в информационной среде ЭВМ участка реконфигурируемого производства, реализованного на базе перекомпоновываемых производственных систем/модулей

В этом отношении клеточные автоматы, исследуемые в информатике, представляют альтернативный дифференциальным уравнениям путь анализа/моделирования процессов функционирования/поведения сложных объектов, поскольку являются своеобразным аналогом понятия физического поля, в котором взаимодействие параллельно функционирующих элементов дискретных динамических систем полностью определяется локальными взаимодействиями/связями, а их корреляция/синергия порождает волновые процессы самоорганизации упорядоченных пространственно-временных структур, наблюдаемые в реальных объектах и явлениях [46, 64, 103, 123, 127, 140].

В истории применения информационных технологий в управлении техническими объектами, технологическими процессами и обработки информации при принятии решений отмечается несколько периодов: механизация и автоматизация обработки данных, управления производственными системами и

предприятиями; разработка информационных советующих (экспертных) систем на основе персональных ЭВМ и сетевых технологий; интегрированная информационная поддержка решений на всех стадиях жизненного цикла продукции (CALS/CAD/CAM/CAE-технологии), характеризующая новый этап развития организационного управления на основе широко использования передовых информационных технологий и интеллектуальных систем.

Решение научно-исследовательских, проектных и организационноуправленческих задач с помощью интеллектуальных информационных систем основано на применении искусственного машинного интеллекта при изучении сложных объектов и процессов, проектировании и поддержке процесса принятия решений. Основу таких систем составляют модели отображения знаний, как некой системы представлений о сущности изучаемых/управляемых объектов и явлений, и их проявлений в форме эмпирических данных/фактов, характеризующих их структуру, свойства и отношения составных частей (элементы и их связи), а также объективно измеряемых параметров функционирования (поведения).

Модели знаний представляют собой универсальный (математический, логический, алгоритмический, объектный/фреймовый и ассоциативный/ функциональноструктурный) аппарат формализованного описания объекта исследования и построения процедуры решения исследовательской задачи [115, 116, 136]. Наиболее адекватной/корректной, как показывает практика применения информационных технологий и систем в управлении экономикой, является ассоциативная форма представления знаний, которая в отличие от других подходов использует понятие формальной системы $A = (U, C, L, I)$, где A — ассоциативная система представления знаний, U — множество узловых элементов ассоциативной сети, C — множество контактных связей (коннекций), L — множество правил построения сети, I правила/процедура ассоциативного вывода новых знаний. В такой модели имеющиеся знания об объекте исследования (пространственно-временная структура и законы функционирования) представлены в виде распределенной многомерной сети узловых элементов, которые являются абстракциями реальных объектов, явлений и процессов. Данная модель представления знаний возникла благодаря развитию представлений о системной организации природы, феноменов сознания, памяти и мышления, изучаемых в рамках теории систем, кибернетики и психологии. Преимущество ассоциативного/интеллектуального подхода заключается в возможности получения/продуцирования новых знаний путем автоматического/спонтанного установления новых связей/коннекций узловых элементов при достижении оптимальной величины соответствующего критерия эффективности (цены, энергозатрат, времени выполнения операции и т.д.), фиксирования/запоминания и последующей идентификации оптимальных режимов функционирования/поведения системы в реальном режиме времени подобно тому, как это осуществляется в живых организмах. Свойство продуцирования новых знаний (когнитивность), характерное для ассоциативных/интеллектуальных форм представления знаний, приближает их по эффективности информационных процессов обработки и анализа сложной плохо структурированной информации к биологическому прототипу — нервной системе человека.

Специфической особенностью ассоциативных моделей знаний является их многомерность (иерархичность сетей) и особые пространственно-временные формы организации связей, основными из которых являются: вычислительные алгоритмы и логические базисы взаимодействия элементов сети, основанные на оценке текущих параметров состояния элементов сети и отнесении их по принадлежности к заданным интервалам (нечетким множествам) и/или определении вероятности наступления фактов-событий с учетом частоты взаимодействия элементов (силы связей, подобно синоптическим связям нейронов мозга); адаптивные/аналоговые алгоритмы с пороговым или линейно ограниченным выходом управляющего импульса/сигнала, сила которого определяется физически частотой взаимодействия элементов при обучении искусственной нейросети. При этом архитектура нейронной ассоциативной модели отображения знаний по сравнению с простой логической сетью всегда является многоуровневой/слоистой. Нейросеть состоит из иерархически связанных локальных сетей (подсистем), объединенных по функциональному признаку, что обеспечивает эффективную координацию их узловых элементов соответствующим метауровнем благодаря разделению функций между слоями нейросети. Такой подход является приближенной аналогией известного в нейропсихологии механизма метакогнитивной пространственно-временной интеграции нейронных цепочек мозга, основанной на принципе информационного параметрического резонанса интерференционных узоров волн активации нейронов (биоритмов) коры головного мозга и голографической модели распространения, фиксации/хранения и синтеза информации, изучаемой когнитивной психологией, нейроинформатикой, теоретической физикой [17, 18, 65, 66, 67, 68, 77, 149, 152, 153].

Развитие интеллектуальных информационных технологий и систем происходит в рамках работ по созданию систем распределенного искусственного интеллекта для решения различных теоретических прикладных задач: организации управления динамическими объектами и процессами, распознавания образов и классификация проблемных ситуаций, интеллектуального анализа (структурировании и обобщения/ аппроксимации) больших массивов данных, разработки обучающих программ, создании нейроподобных/нейрологических аппаратно-программных средств и аналоговой микроэлектроники (нейроплат-сопроцессоров в составе обычных ЭВМ и нейрокомпьютеров, 1986–1989 гг.). Результаты исследований в данной области информатики позволяют предположить, что в ближайшее время на основе ассоциативного подхода могут быть созданы системы со сложной структурой и поведением, приближающиеся к высшим биологическим формам организации материи. Это подтверждается созданием японскими корпорациями роботов Сони — SDR/3 и Хонда — P/3, разработкой интегрированных

интеллектуальных/цифровых систем управления предприятиями компанией Microsoft, которой принадлежит табличный процессор Excel, являющийся примером успешной коммерческой реализации данного направления информатики [115, 116].

Интегрированные компьютерные технологии привели в своем развитии к появлению уникальных средств проектирования, испытания и отладки динамических объектов и процессов. Речь идет о компьютерных комплексах программно-аппаратных средств реального времени, реализуемых в среде Matlab/Simulink. Используемые в них анимационные технологии, позволяют исследовать динамику образования и движения волновых фронтов процессов самоорганизации искусственной клеточной плазмы, а также наглядно представить на экране дисплея интуитивно ощущаемые нашим сознанием принципы формообразования упорядоченных структур физического мира⁷⁵. Последнее особенно актуально при разработке систем управления интегрированными производственными системами с множеством перекрестных и обратных связей, где процесс инженерной подготовки производства наукоемкой продукции, связанный с многократными последовательными приближениями и настройками, объективно не может быть представлен аппаратом дифференциальных исчислений и/или методами теории расписаний. В такой ситуации аналитическая постановка задачи управления с определением ее основных составляющих: формализованного/математического описания объекта управления, формулировки целей и критериев их достижения, выделения и доступных измерений управляющих воздействий и дестабилизирующих факторов, позволяет получить в относительно короткие сроки оптимальные инженерные и организационно-технические решения. При этом процесс проектирования решений, также как и их техническая реализация оказываются наименее затратными по времени и ресурсам.

Данный подход к рассмотрению/описанию и моделированию динамических объектов позволяет использовать при создании распределенных (децентрализованных) систем управления параллельными технологическими операциями/процессами результаты современных междисциплинарных исследований в области теории самоорганизующихся (ассоциативных интеллектуальных) систем, которые опираются на активное начало и взаимодействие их компонентов (кооперацию/синергию по Г. Хаканену, 1980), проявляющееся по мере усложнения форм организации материи начиная с биологического уровня в виде механизма и принципов самоорганизации систем живой природы, и носящие преимущественно информационный характер [8, 9; 53, 74]⁷⁶. Исследование глубинных причин самоорганизации показывает, что в отличие от принудительной организации (нормативного проектирования предприятий), данная закономерность основана на кооперировании и координации активных элементов производственной системы посредством процесса коммуникаций (информационного взаимодействия), который способствует появлению и развитию отношений между элементами системы (добавлению в систему новых связей и их рекомбинации). В реальных условиях это осуществляется посредством целенаправленного процесса согласования (гармонизации) целей, параметров и ритмов функционирования различных элементов производственной системы, как между собой, так и с внешней средой на основе непрерывной циркуляции информационных потоков на всех уровнях управления производством с помощью распределенной системы управления (однородной/симметричной информационной среды)⁷⁷. Проблема организации эффективного управления в таком случае переходит в область группового выбора средств и вариантов достижения цели (параллельных процессов принятия решений). Критериями оценки качества организации и эффективности производства в этом случае становятся гармоничность пространственно-временных отношений активных элементов системы (динамических объектов) и синхронность их параллельного функционирования, соответственно⁷⁸.

Использование модели распределенного/ассоциативного управления наиболее оправдано/целесообразно для высокотехнологичного машиностроительного производства, поскольку с помощью централизованного органа управления (руководителю, диспетчеру) сложно принимать решения по выбору факторов, влияющих на достижение цели, определять существенные взаимосвязи между целями и средствами в условиях функционирования параллельных технологических процессов по изготовлению широкой номенклатуры изделий. По этой причине в управление должны вовлекаться, по возможности, все участники производственного процесса — специалисты различных областей знаний, между которыми нужно организовать эффективное взаимодействие/взаимопонимание. В связи с этим центральной научнотехнической проблемой сегодня становится создание интеллектуальных систем поддержки коммуникаций и когнитивных процессов людей-операторов производственной системы при решении ими трудно формализуемых и не формализуемых задач в группе⁷⁹. Передовые научные знания и информационные технологии должны быть эффективно использованы для создания условий гармоничного взаимодействия активных элементов производственных систем на всех уровнях управления, что, по мнению многих исследователей, выдвигает актуальную научно-техническую проблему формирования новой парадигмы организации управления интегрированным производством, в основе которой лежит процесс синхронизации работы различных элементов производственной системы посредством ассоциативных форм, интеллектуальных/когнитивных методов и информационных технологий управления производством [78]⁸⁰.

Таким образом, преодоление недостатков традиционных форм управления возможно на иной, отличной от концепции производственного планирования, теоретико-методологической основе, ключевым понятием/ принципом которой является организация управления производством на базе принципов самоорганизации и авторегуляции, в основе которых лежит распределенный (групповой) интеллект

активных элементов производственной системы роботизированных комплексов, а также рабочих, бригадиров и мастеров технологических участков, самостоятельно принимающих решения по регулированию хода производства исходя из реальных (фактических) условий протекания производственного процесса с помощью специальных информационных технологий поддержки управления [58, 104].

В подтверждение этого можно отметить, что характерной чертой современного этапа исследований в области искусственного интеллекта (ИИ) является смещение акцента в исследованиях на создание гибридных (по Г.С. Поспелову, 1988) человеко-машинных систем, способных объединить интеллект человека, быстродействие и память ЭВМ для решения сложных управленческих задач. Дальнейшее поступательное развитие ИИ связано с разработкой новых технологий представления знаний, основанных на тесном взаимодействии интеллекта человека и машины путем создания общей информационной среды функционирования в системах управления. Внимание исследователей все больше обращено на новые возможности, которые открываются в отношении актуальных проблем коллективного сознания и процессов самоорганизации в экономике в связи с бурным развитием интеллектуальных информационных систем и сетей телекоммуникаций [100]⁸¹. По сути, сегодня, на старой элементной базе может быть получен гибридный «человеко-машинный» интеллект, который представляет собой особого рода активную информационную среду, стимулирующую процесс интуитивного поиска и синтеза релевантной информации, посредством мульти и автодиалога на языке семантических образов и концептуальных моделей. В этом отношении интегрированные адаптивные производственные системы на полном основании можно рассматривать как гибридные человеко-машинные системы, представляющие собой совокупность взаимодействующих между собой сложных динамических (интеллектуальных) объектов — автоматизированных рабочих центров и технических устройств, осуществляющих обработку и перемещения предметов труда по ходу технологического процесса, а также операторов, занятых на их обслуживании, способных воспринимать внешние физические воздействия, в том числе информационные сигналы, и откликаться на них (с помощью специальных регуляторов) изменением локальных режимов работы для синхронизации/оптимизации совместной деятельности в процессе производства.

Корневой методологической ошибкой, допущенной в 1990-х гг. разработчиками компьютерно интегрированных производственных систем, является то, что при организации и создании системы управления промышленными предприятиями часто пытаются отобразить их, используя теорию автоматического регулирования, которая разрабатывалась на основе аппарата классической математики (линейных и нелинейных дифференциальных исчислений) для закрытых, технических систем и не учитывает интеллектуальный потенциал активных элементов производственной системы — условно-автономных машин и людей. В свою очередь, коллективное мышление в групповой динамике представляет мощный инструмент распознавания образов сложных экономических явлений и решения на их основе трудноформализуемых и не формализуемых задач управления в условиях динамичного окружения и реального времени.

Предлагаемая ниже методика анализа и формализованного описания системной динамики процесса машиностроительного производства/бизнеспроцесса с использованием разработанной концепции, инструментов моделирования и интеллектуальной поддержки принятия решений/управления, создают предпосылки для полной автоматизации управления на основе использования распределенного ИИ в качестве активного решателя задач управления комплексами автоматических систем машин и технологическими процессами (в том числе в безлюдном производстве). Научные исследования и развитие автоматизации в этом направлении позволит в будущем организовать, на основе автономных (андроидных) программно-аппаратных средств, эффективный процесс коммуникации между активными элементами производственной системы, обеспечивая тем самым их высокую степень координации (слаженность взаимодействия) и, как следствие этого, высокую результативность предметной деятельности в целом

3. Организационно-технический уровень ГПС.

На современном этапе развития общества и его производительных сил происходит постепенный переход от массового производства и потребления к дальнейшему экономическому росту за счет разработки новых более эффективных технологий изготовления продукции. Постепенное вытеснение неквалифицированной рабочей силы из товарного производства посредством усовершенствования и автоматизации/роботизации технологических процессов обуславливает главенствующее значение процесса накопления знаний персоналом предприятий, а также генерируемых на его основе новаций как источника материального существования и развития общества. Решающее значение в деле совершенствования деятельности организаций отводится нематериальным факторам, в том числе новым методам и технологиям управления, основанным на системной/групповой динамике и гармонизации функционирования различных элементов сложного процесса производственной деятельности. В этой связи предприятия должны рассматриваться как сложные самоорганизующиеся социотехнические системы, которые должны быть способны изменять свое поведение и организационную структуру в процессе функционирования для достижения заданной цели в постоянно меняющихся условиях экономической среды. Взаимодействие технической и социальной составляющих в таких системах носит сложный неравновесный (квазистационарный) характер, который обусловлен сложностью настройки социальной подсистемы, обладающей большими степенями свободы по сравнению с технической компонентой. Рост степеней

свободы усиливает гибкость (эффективность) социотехнической системы, но в тоже время увеличивает неопределенность достижения результата ее функционирования (неустойчивость). Неустойчивость социотехнической системы эффективно преодолевается внутренним процессом самоорганизации в отличие от нормативного подхода, основанного на организации и директивном управлении. В реальных условиях это осуществляется посредством целенаправленного процесса согласования (гармонизации) целей, параметров и ритмов функционирования активных элементов системы между собой и с внешней средой, который в практическом плане реализуется на основе непрерывной циркуляции информационных потоков (управляемого информационного взаимодействия) на всех иерархических уровнях управления производством. Главной отличительной особенностью концепции социотехнических систем будущего, в отличие от существующих организационно-технических систем, является наличие (в дополнение к управленческой функции) и преобладание целенаправленного процесса самоорганизации, характер и скорость которого обусловлены состоянием среды. Данный методологический подход к классификации производственно-экономических систем открывает новые возможности перед организационным проектированием предприятий (организационной системотехникой), поскольку позволяет в будущем перейти от директивного проектирования организаций к самоорганизации производственно-экономических систем посредством управляемого информационного взаимодействия в процессе ауто- и мультидиалога субъектов, решающих задачи управления в группе. Этим достигается синхронизированная выработка управляющих (проектных) решений в режиме реального времени, в основе которой лежит опережающее видение результата (по П.К. Анохину). Различия между социотехническими и организационно-техническими системами будут отчетливо проявляться в условиях перехода от массового товарного производства к постиндустриальной экономике, в которой преобладающую роль играют интеллектуальные способности и знания персонала организаций, принадлежащие ему «на правах собственности», т.е. являющиеся неотделимыми от людей нематериальными факторами (средствами) производства. При этом важность материальных факторов производства в успехе организаций будет неуклонно снижаться, сводя к минимуму значение функции (директивного) управления как таковой. С другой стороны, значение процесса самоорганизации субъектов как носителей интеллектуальных способностей и знаний будет неуклонно возрастать [93].

В случае представления производственного процесса и/или предприятия в виде адаптивной самоорганизующейся (живой) системы задачи организации и управления настолько усложняются, что для их постановки и решения не может быть сразу определен подходящий аппарат анализа/формализации и возникает необходимость в разработке методики содержащей специальные подходы, приемы и методы. Обусловлено это тем, что в адаптивных производственных системах с активными элементами цели, способы и средства их достижения формируются внутри уровней иерархии управления, самостоятельно (автоматически) исходя из состояния факторов внутренней и внешней среды. Это позволяет самоорганизующимся системам быстро адаптировать свою структуру к меняющимся условиям внешнего окружения без прекращения функционирования и потери целостности, формировать возможные варианты поведения и выбирать из них оптимальный, что делает их поведение целенаправленным, но плохо предсказуемым. Этим объясняются известные трудности описания поведения адаптивных систем, которое может быть выполнено с помощью представленных выше ассоциативных математических моделей нелинейной динамики (синергетики) в виде прогноза эволюции их поведения [72, 87]. Такой прогноз представляет собой математический объект, адекватно отражающий множество состояний реальной системы (объекта/процесса), образующих фазовое пространство ее динамики, эволюция которой однозначно определяется начальным состоянием/историей поведения активных элементов системы.

Исследовательская задача состоит в нахождении базовых математических моделей (генетических кодов-программ развития системы), которые исходят из наиболее типичных предположений о свойствах отдельных элементов, составляющих систему, и законах взаимодействия между ними. Как правило, законы, позволяющие связать перманентно формирующуюся цель функционирования сложной адаптивной производственной системы с располагаемыми ею средствами, неизвестны; их невозможно определить на основе статистических исследований или исходя из наиболее часто встречающихся на практике организационно-экономических/функциональных зависимостей, на основе которых можно сформулировать прикладную теорию исследуемого вопроса и применить ситуационный подход к управлению. В этих случаях выдвигается научно-техническая гипотеза, позволяющая разработать концепцию системы, и на ее основе создать в распределенной вычислительной среде ЭВМ многоуровневую/многослойную динамическую имитационную модель, с помощью которой исследуются закономерности функционирования изучаемой системы и возможные варианты решения задач автоматизации управления. При этом могут периодически варьироваться не только элементы системы (из множества располагаемых компонентов), как средства достижения цели, но и критерии, отражающие требования и ограничения, а также сами цели, если их первоначальная формулировка не привела к желаемому результату или принципиально невозможна на начальном этапе исследовательских работ. Такая методика анализа применяется в тех случаях, когда у разработчиков системы на начальном этапе работ нет достаточных сведений о системе или возникшей в ней проблемной ситуации, позволяющих выбрать качественные и количественные методы анализа и формализованного представления системы и процесса ее функционирования, сформировать их адекватные (математические, алгоритмические, аналоговые и др.) модели. Процесс исследования/проектирования

системы осуществляется в несколько последовательно осуществляемых этапов: выявление проблем и постановки задач/целей исследования, разработки вариантов и моделей принятия решений, оценка альтернатив и поиск решений, их реализация, оценка эффективности решений и последствий их реализации, проектирование организационных систем для достижения поставленных целей. Более полная реализация данного подхода требует создания средств/систем автоматизации проектирования решений (САПР) в виде специализированных диалоговых процедур, и/или прикладных программ, реализующих разработанные решения/алгоритмы.

1. 8 Лекция №8 (2 часа).

Тема : Автоматизация процесса сборки тракторов и автомобилей.

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Ориентация объектов в сборочном производстве.
2. Совмещение основных и вспомогательных координатных систем деталей при сборке.
3. Способы и средства автоматизации подачи заготовок и деталей.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Ориентация объектов в сборочном производстве.

прогресса в технике и технологии машиностроения происходят существенные изменения форм организации производства товаров, обусловленные механизацией и автоматизацией бизнес-процессов. Одной из таких форм, получившей применение при внедрении средств автоматизации в гибкую производственную систему, является интегрированная форма организации производства, которая предполагает объединение основных и вспомогательных операций в единый производственный процесс с линейной и/или ячеистой (матричной) структурой при параллельно-последовательной и/или параллельной передаче предметов труда в производстве⁷⁰. В отличие от существующей практики раздельного проектирования операций/микропроцессов складирования, транспортировки, управления и обработки на участках с интегрированной формой организации эти частичные процессы увязываются в единый производственный процесс. Это достигается путем объединения всех рабочих мест с помощью автоматического транспортно-складского комплекса, который представляет собой совокупность взаимосвязанных, автоматических и складских устройств, средств вычислительной техники, предназначенных для организации хранения и перемещения предметов труда между отдельными рабочими местами. Управление ходом производственного процесса здесь осуществляется с помощью ЭВМ, что обеспечивает функционирование всех элементов/участков производственной системы по следующей схеме: поиск необходимой заготовки на складе — транспортировка заготовки к станку — обработка — возвращение детали на склад. Для компенсации отклонений во времени при транспортировке и обработке деталей на отдельных рабочих местах создаются буферные склады межоперационного и страхового заделов [1, 3, 5, 27, 28].

Экономический эффект при переходе к интегрированной форме организации производства достигается за счет сокращения длительности производственного цикла изготовления деталей, увеличения времени загрузки станков, улучшения регулирования и контроля процесса производства. Принципиальной особенностью интегрированных производств является наличие новой компоненты — компьютерной системы управления, а также широкого применения информационных технологий, обеспечивающих возможность увязки отдельных процессов, функций и задач в единую систему для повышения эффективности производства. Дальнейшее развитие работ в данном направлении в конце 1980-х — начале 1990-х годов привело к появлению понятия компьютеризированного интегрированного производства (КИП). Концепция КИП подразумевала новый подход к организации и управлению производством, новизна которого заключалась не только в применении компьютерных технологий для автоматизации технологических процессов и операций, но в создании интегрированной информационной системы управления производственной деятельностью предприятия. Предполагалось, что достижение информационной интеграции производственнотехнологических процессов возможно осуществить на основе использования общих баз данных, позволяющих более эффективно решать вопросы разработки и проектирования изделий, инженерной подготовки, планирования и регулирования производства, решения задач материально-технического обеспечения, охватывая таким образом все бизнес-процессы предприятия.

Разработке и практическому воплощению концепции КИП был посвящен целый ряд работ российских и зарубежных ученых [2, 16, 89, 101, 117, 118, 142]. В рамках государственной научно-технической программы «Технологии, машины и производства будущего» в 1988 в СССР началась реализация комплекса проектов по созданию автоматизированных заводов (АЗ) «Красный пролетарий» по производству металлорежущих станков и «Тверского завода штампов», представляющих собой попытку практической реализации концепции КИП. Было выполнено предварительное проектирование АЗ, изготовлены опытные образцы нового оборудования, создан испытательный полигон, созданы основные

компоненты интегрированной автоматизированной системы управления. Ряд подобных проектов был осуществлен также и за рубежом. Одним из первых стал проект АЗ, реализованный в Японии фирмой Mazak, для производства деталей металлорежущих станков. Завод включал в себя: комплекс гибких производственных модулей (ГПМ) и ГПС, автоматизированные склады, робокарную транспортную систему. Предусматривалось использование компьютерных сетей для сервисной и технической поддержки филиалов, а также взаимодействия с предприятиями-поставщиками комплектующих изделий. В целом за период 1985–1995 гг. в разных странах было создано около 20 КИП с различным уровнем автоматизации, из которых восемь АЗ выпускали металлорежущее оборудование, четыре — изделия для аэрокосмической промышленности (США), остальные КИП были ориентированы на выпуск различных агрегатов широкой номенклатуры, включая компоненты вычислительной техники и электрических машин. От внедрения КИП ожидалось: уменьшение размеров предприятий, увеличение коэффициента использования оборудования и снижение накладных расходов, значительное уменьшение объема незавершенного производства, сокращение затрат на рабочую силу в результате организации «безлюдного» производства, ускорение сменяемости моделей выпускаемой продукции в соответствии с требованиями рынка, сокращение сроков поставок продукции и повышение ее качества [32, 36, 44, 45, 94, 95, 148].

Тем не менее, несмотря на то, что изысканиям в области применения информационных технологий в гибком производстве было посвящено значительное число научных исследований, а на создание экспериментальных компьютерно-интегрированных производств затрачены значительные финансовые средства, — достичь поставленной научно-практической задачи общей/глобальной интеграции производственного процесса посредством автоматизации управления не удалось. По ряду объективных причин, а также из-за допущенных методологических ошибок системотехнического характера, проекты не были реализованы в полном объеме, а научно-технический задел, полученный в результате проведенных НИОКР, использован в проектах меньшего масштаба. Неудачи в реализации идей и принципов КИП, равно как и многих проектов по разработке автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУПП) в 1980–90-х гг. были обусловлены тем, что в их концепцию изначально заложен принцип максимально возможной степени автоматизации управления, практически полностью исключая участие людей-операторов (лиц принимающих решения) в управлении производством [3]. Сторонники замены естественного интеллекта человека его искусственным подобием для решения различных практических задач изначально ограничились изучением закономерностей поведения объектов управления (ввиду их сложности) на основе сравнения входных воздействий и выходных результатов, игнорируя при этом их внутреннее устройство. Данный методологический подход, известный в кибернетической науке как принцип «черного ящика», получил широкое развитие в теории автоматического управления и обеспечил удовлетворительные результаты в создании технических устройств [12, 19]. Однако, попытки расширить границы его применения до уровня управления сложными социально-экономическими системами с активными элементами (людьми) оказались бесперспективными. По данной причине, несмотря на существенный вклад этой категории исследований в инженерии знаний, реализация многих проектов автоматизированных систем управления в 1980–90х годах XX века закончилась отрицательным результатом. Неуклонное следование идее замены человека машиной поставило перед исследователями и разработчиками КИП сложную методологическую проблему адекватного представления в машинной среде знаний о реальных объектах и процессах, решить которую посредством аппарата теории автоматического управления и формализованных методов классической математики объективно не возможно в подавляющем большинстве случаев. Попытки решения трудно формализуемых и не формализуемых задач управления, преобладающих в сложных производственно-экономических системах, с помощью ограниченного интеллекта ЭВМ с классической архитектурой приводили к грубым ошибкам в оперативном регулировании сложного динамического процесса производства. Неразрешимые в рамках этого направления методологические проблемы не позволили разработчикам создать в машинной среде автономную (т.е. не требующую дополнительного обращения к интеллекту человека) модель управления производством. Компромиссным/частичным решением сложной задачи автоматизации управления производственной деятельностью стали проектные и планово-учетные аналитические задачи, реализуемые с помощью систем поддержки принятия решений в составе так называемых корпоративных информационных систем (КИС).

В конечном итоге концепция КИП исчерпала свои возможности в 1990-х гг., ограничившись задачами автоматизации технологических операций (процессов) в многофункциональных обрабатывающих центрах, позволяющих изготавливать детали на одном рабочем месте в одну установку. Создаваемые на их основе гибкие роботизированные производства с избыточной функциональностью (ГПС/Flexible manufacturing system/FMS) способны в полуавтоматическом (условно-автономном) режиме осуществлять параллельную обработку деталей/многопредметное производство изделий в пределах заданной номенклатуры без необходимости прерывания на переналадку и/или передачи предметов труда на другие обрабатывающие центры. Приспособление к выпуску новых изделий осуществляется за счет изменения рабочего состояния (переналаживания технических средств/инструмента, перепрограммирования системы управления и т.п.) ГПС [10, 16, 22, 97].

Основу большей части адаптивных/гибких роботизированных производственных систем составляют многофункциональные обрабатывающие центры на базе вертикальных токарных станков (например,

многофункциональный обрабатывающий центр серий C50U производства немецкой станкостроительной фирмы Maschinenfabrik Berthold Hermle AG, представленный на рис. 3.1/а), которые способны выполнять практически любые технологические операции в одну установку заготовки/детали (токарная обработка, фрезерование, сверление, развертывание, шлифование, резьбонарезание, зубофрезерование, лазерная сварка).

2. Совмещение основных и вспомогательных координатных систем деталей при сборке.

предпринимаются безуспешные попытки использовать для этих целей принципы и средства автоматического регулирования, а также аппарат классической математики (вариационные и дифференциальные исчисления, логика предикатов и т.п.), применяемый разработчиками для формализованного описания (моделирования) сложных производственных процессов [14, 15, 71, 90, 108]. Однако представленные ниже рассуждения, объективно доказывают, что попытки эффективно решить эту актуальную научно-техническую задачу ограниченными средствами прагматики — бесперспективны. Обусловлено это тем, что принципы построения и законы функционирования адаптивных производственных систем, существенно отличаются от тех, что используются при организации массового, серийного и/или гибкого позаказно-поточного производства. Для их формулирования напомним, что адаптивные системы живой природы, которые являются прототипом интегрированных производственных систем, представляют собой органическую совокупность простых/базовых элементов, «эволюционная сборка» которых в единое целое, осуществляется с помощью различных типов связей и последующей их дифференцировкой по выполняемым функциям (ответной реакции на состояние среды). Каждый элемент интегрированной адаптивной системы концептуально формируется как жесткая условно-автономная программа/модуль восприятия характеристики среды и ограниченного набора ответных действий на ее изменение. С целью согласования параллельной работы элементов интегрированной системы осуществляется консолидация программ «двигательных ответов» различной сложности посредством образования между ними гибких информационных связей, образующихся посредством последовательного объединения (ассоциирования) специфических элементов подсистемы управления (аналогами которых являются цепочки релеавтоматов/ансамбли формальных нейронов, используемые технической кибернетикой) по которым передаются импульсы инициализации/остановки программ. Таким кибернетическим способом обеспечивается рост функциональной избыточности и образование более сложных координированных (синхронизированных), и соответственно, адекватных воздействию среды программ «двигательных ответов» системы.

Морфологически (структурно) формирование/программирование сложных синхронизированных ответов на воздействие среды реализуется посредством «погружения» программ в распределенную однородную информационную среду ассоциативного типа, которая способная гибко менять и дополнять связи между генетически заданными программами рецепторно-двигательных комплексов (РДК) без каких-либо ограничений в функционировании адаптивной системы. Естественные эксперименты в области нейрокибернетики убедительно доказывают, что природа использует простые элементы (программы) для создания сложных форм организации материи, а управление параллельными процессами их функционирования в единой системе мироздания осуществляется на основе ассоциативных связей, образующих распределенную ассоциативную среду информационного взаимодействия [70, 135].

Процессы информационного взаимодействия активных элементов в адаптивных (саморегулируемых/интеллектуальных) системах изучаются с начала 1950-х гг. XX в. различными направлениями теоретической кибернетики: теорией автоматов, робастных и многоагентных систем, нейроинформатикой, в частности разработчиками систем распределенного искусственного интеллекта, на основе объединения/ассоциирования в сложные многомерные сети различных преобразователей (логических решателей и программ обработки) дискретной информации [11, 54, 102, 109, 125, 136, 154]. Последние являются математическими абстракциями (динамическими имитационными моделями) реально существующих процессов переработки информации в биологических, вычислительных, производственно-экономических и других интегрированных системах, которые позволяют объективно исследовать и характеризовать принципы их построения и функционирования.

Наиболее удачная в технологическом отношении реализация этого подхода успешно осуществлена (на наш взгляд) английским ученым-математиком Стефаном Вольфрамом (1986, 1991), которым на основе известного аппарата теории клеточных автоматов была разработана универсальная компьютерная среда для моделирования и исследования динамических систем (программа *Mathematica*), созданная путем интеграции простых компьютерных программ, называемых *cellular automata* (клеточный автомат)⁷⁴. Распределенные вычислительные среды можно рассматривать как конечный набор математических объектов (которые рассматриваются в виде абстракции базовых элементов динамических систем), осуществляющих простейшие вычислительные и логические операции (типа и, или, не) и определенным образом соединенные (ассоциированные) информационными связями в электронной среде ЭВМ. Отличительной особенностью данного класса программных продуктов является интерактивный режим их работы, позволяющий посредством специально разработанного интеллектуального интерфейса наглядно представлять

графоаналитическую развертку вычислительной среды и разворачивающихся на ее «клеточном» субстрате информационных процессов, что позволяет использовать творческую интуицию и опыт специалистов-исследователей при моделировании систем.

Из логики предыдущих рассуждений следует, что данный инструментарий можно с полным основанием использовать при решении задач организации управления сложными технологическими процессами в распределенной производственной среде, что предполагает переход в будущем на перекомпоновываемые производственные модули/участки мехобработки и создание на этой основе полностью автоматизированного/безлюдного адаптивного производства. Перекомпоновываемость автоматических систем машин/оборудования (Recomponation) обеспечивает сменяемость исполнительных узлов призматической формы (инструмента) и параллельность многоместной точечной обработки деталей, располагаемых на носителях/порталах с поворотной-делительными столами на боковых гранях. Это повышает возможность реконфигурации (Reconfiguration) производственной системы и является главным звеном/направлением автоматизации инженерной подготовки и повышения технологической гибкости машиностроительного (обрабатывающего) производства [144].

Условно-автономные перекомпоновываемые модули адаптивной производственной системы могут быть представлены в распределенной информационной среде ЭВМ в виде отдельных ячеек информационной матрицы, положение/состояние которых в пространстве отображается отдельной клеткой (локусом/фишкой), а каждый момент времени — дискретным временным шагом производственно-технологического цикла ($t=0, 1, 2, \dots$). Состояние каждого модуля определяется заданными правилами пространственно-временного взаимодействия локусов/фишек, инвариант которого определяется в режиме реального времени на следующем шаге/такте работы производственной/операционной системы $t+1$ и отображается изменением цвета ячейки исходя из текущего состояния/цвета соседних модулей/клеток в момент времени t

3. Способы и средства автоматизации подачи заготовок и деталей.

На современном этапе развития общества и его производительных сил происходит постепенный переход от массового производства и потребления к дальнейшему экономическому росту за счет разработки новых более эффективных технологий изготовления продукции. Постепенное вытеснение неквалифицированной рабочей силы из товарного производства посредством усовершенствования и автоматизации/роботизации технологических процессов обуславливает главенствующее значение процесса накопления знаний персоналом предприятий, а также генерируемых на его основе новаций как источника материального существования и развития общества. Решающее значение в деле совершенствования деятельности организаций отводится нематериальным факторам, в том числе новым методам и технологиям управления, основанным на системной/групповой динамике и гармонизации функционирования различных элементов сложного процесса производственной деятельности. В этой связи предприятия должны рассматриваться как сложные самоорганизующиеся социотехнические системы, которые должны быть способны изменять свое поведение и организационную структуру в процессе функционирования для достижения заданной цели в постоянно меняющихся условиях экономической среды. Взаимодействие технической и социальной составляющих в таких системах носит сложный неравновесный (квазистационарный) характер, который обусловлен сложностью настройки социальной подсистемы, обладающей большими степенями свободы по сравнению с технической компонентой. Рост степеней свободы усиливает гибкость (эффективность) социотехнической системы, но в то же время увеличивает неопределенность достижения результата ее функционирования (неустойчивость). Неустойчивость социотехнической системы эффективно преодолевается внутренним процессом самоорганизации в отличие от нормативного подхода, основанного на организации и директивном управлении. В реальных условиях это осуществляется посредством целенаправленного процесса согласования (гармонизации) целей, параметров и ритмов функционирования активных элементов системы между собой и с внешней средой, который в практическом плане реализуется на основе непрерывной циркуляции информационных потоков (управляемого информационного взаимодействия) на всех иерархических уровнях управления производством. Главной отличительной особенностью концепции социотехнических систем будущего, в отличие от существующих организационно-технических систем, является наличие (в дополнение к управленческой функции) и преобладание целенаправленного процесса самоорганизации, характер и скорость которого обусловлены состоянием среды. Данный методологический подход к классификации производственно-экономических систем открывает новые возможности перед организационным проектированием предприятий (организационной системотехникой), поскольку позволяет в будущем перейти от директивного проектирования организаций к самоорганизации производственно-экономических систем посредством управляемого информационного взаимодействия в процессе ауто- и мультидиалога субъектов, решающих задачи управления в группе. Этим достигается синхронизированная выработка управляющих (проектных) решений в режиме реального времени, в основе которой лежит опережающее видение результата (по П.К. Анохину). Различия между социотехническими и организационно-техническими системами будут отчетливо проявляться в условиях перехода от массового товарного производства к постиндустриальной экономике, в которой преобладающую роль играют интеллектуальные способности и знания персонала организаций, принадлежащие ему «на правах собственности», т.е.

являющиеся неотделимыми от людей нематериальными факторами (средствами) производства. При этом важность материальных факторов производства в успехе организаций будет неуклонно снижаться, сводя к минимуму значение функции (директивного) управления как таковой. С другой стороны, значение процесса самоорганизации субъектов как носителей интеллектуальных способностей и знаний будет неуклонно возрастать [93].

В случае представления производственного процесса и/или предприятия в виде адаптивной самоорганизующейся (живой) системы задачи организации и управления настолько усложняются, что для их постановки и решения не может быть сразу определен подходящий аппарат анализа/формализации и возникает необходимость в разработке методики содержащей специальные подходы, приемы и методы. Обусловлено это тем, что в адаптивных производственных системах с активными элементами цели, способы и средства их достижения формируются внутри уровней иерархии управления, самостоятельно (автоматически) исходя из состояния факторов внутренней и внешней среды. Это позволяет самоорганизующимся системам быстро адаптировать свою структуру к меняющимся условиям внешнего окружения без прекращения функционирования и потери целостности, формировать возможные варианты поведения и выбирать из них оптимальный, что делает их поведение целенаправленным, но плохо предсказуемым. Этим объясняются известные трудности описания поведения адаптивных систем, которое может быть выполнено с помощью представленных выше ассоциативных математических моделей нелинейной динамики (синергетики) в виде прогноза эволюции их поведения [72, 87]. Такой прогноз представляет собой математический объект, адекватно отражающий множество состояний реальной системы (объекта/процесса), образующих фазовое пространство ее динамики, эволюция которой однозначно определяется начальным состоянием/историей поведения активных элементов системы

1. 9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: Автоматизированная система управления.

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Состав комплекса технических средств: управляющий вычислительный комплекс, средства получения, преобразования, хранения, отображения и регистрации информации, устройства подачи сигналов и исполнительных устройств.
2. Состав основных функций АСУ: управляющие, информационные и вспомогательные.
3. Составные части АСУ ГПС: техническое, программное, информационное, организационное и оперативное обеспечение.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Состав комплекса технических средств: управляющий вычислительный комплекс, средства получения, преобразования, хранения, отображения и регистрации информации, устройства подачи сигналов и исполнительных устройств.

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) предназначена для реализации информационных, управляющих, и функций защиты технологического процесса в автоматическом и автоматизированном режимах.

Организационно **АСУ ТП** состоит из персонала и комплекса технических и программных средств (КПТС).

Функционально АСУ ТП включает в себя два взаимосвязанных компонента: распределенная система управления (РСУ) и средства противоаварийной защиты (ПАЗ). РСУ и ПАЗ состоят из средств измерения, вычислительной техники и исполнительных устройств.

РСУ должна реализовывать следующие функции:

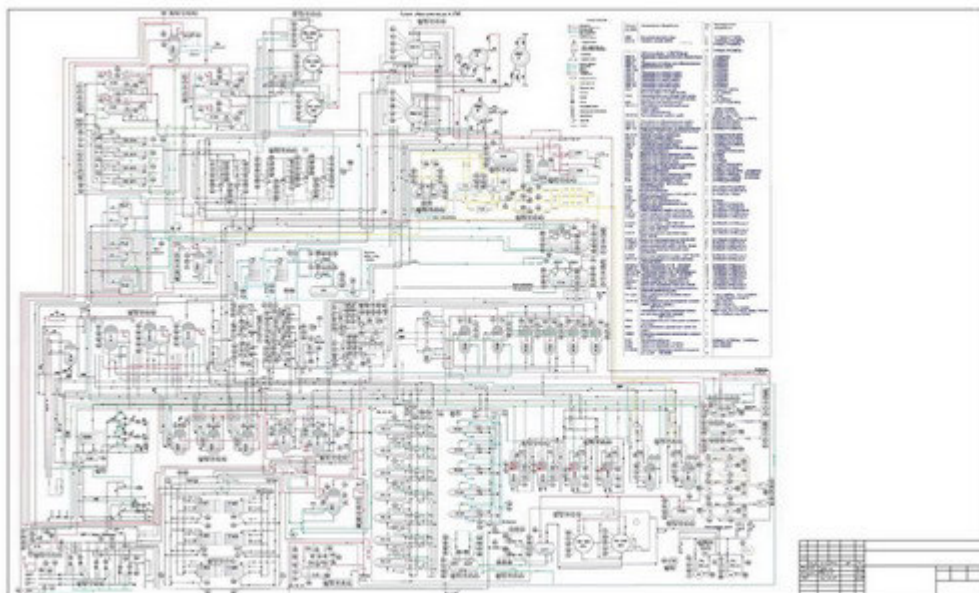
- автоматизированное управление технологическим процессом;
- сбор и обработку технологической информации;
- контроль состояния технологического процесса и сигнализацию при выходе параметров за установленные границы;
- автоматическую обработку, регистрацию и хранение информации;
- предоставление информации на операторских станциях, формирование отчетов по расписанию и по требованию;
- получение данных из системы ПАЗ, регистрация ее срабатывания;
- защиту данных и функций управления от несанкционированного доступа.

Также необходимо предусмотреть меры по защите от ошибок персонала. Систему автоматизации подразделяют на подсистемы «нижнего» и «верхнего» уровней. «Нижний» уровень – комплекс контрольно-измерительных приборов (КИП) и технических средств автоматизации и электроники, исполнительных

устройств, каналов связи, осуществляющих сбор сигналов с автоматизируемого объекта, их унификацию и передачу на верхний уровень.

«Верхний уровень» - автоматизированная система управления (АСУ) - комплекс программно-технических средств, созданный на основе микропроцессорной техники в соответствии с разработанной проектно-сметной документацией и позволяющий эффективно и рационально решать задачи контроля, регистрации, противоаварийной защиты, регулирования, оптимизации процесса и управления технологическими производствами любой сложности.

АСУ ТП строится с применением шкафов автоматики на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), являющихся центром всей системы и осуществляющих прием и обработку сигналов объекта, автоматическое регулирование параметров производственного процесса.



Для оперативного слежения за ходом технологического процесса применяется автоматизированное рабочее место оператора (АРМ), которое создается на базе Scada-системы, обеспечивающей необходимый интерфейс «человек-машина» (HMI - "human-machine interface"). Для реализации SCADA используется программное обеспечение АСУ ТП, которое может поставляться как в комплекте с техническими средствами, так и приобретаться отдельно. Scada автоматизация подразумевает под собой создание диспетчеризации - например, диспетчеризация кнс (кустовых насосных станций).

Создание систем автоматизации технологических процессов имеет следующие цели и выгоды:

- обеспечение высоких технико-экономических показателей работы за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технологических ограничений;
- обеспечение руководства Заказчика точной, достоверной и оперативной информацией о работе объекта;
- уменьшение материальных и трудовых затрат;
- обнаружение возникновения и предотвращение аварийных ситуаций, автоматическая защита технологического оборудования объектов управления;
- обеспечение экологической безопасности производства.

Наши специалисты имеют опыт работы с промышленным оборудованием мировых и российских производителей:

- Siemens (Германия),
- Rittal (Германия),
- WAGO (Германия),
- Automated Logic (США),
- Schneider Electric (Франция),
- ОВЕН (Россия),
- МЕТРАН (Россия),
- Segnetics (Россия),
- и др.

Стоит отметить, что разработка систем АСУ ТП, промышленная автоматизация, как правило, осуществляется на взрывопожароопасных объектах. Поэтому никогда нельзя формально, поверхностно

подходить к проблеме безопасности. Каждый объект требует индивидуального подхода и тщательного изучения. Необходимо предусмотреть все возможные варианты реализации проекта и выбрать оптимальный путь с точки зрения материальных затрат, экономической эффективности и (что не менее важно) безопасности и надежности. Ошибки, отказ оборудования приводит к останову технологического процесса, что неминуемо ведет к финансовым потерям, а также может таить в себе опасность аварии или катастрофы (в зависимости от опасности и масштаба производства). Поэтому, вкладывая в надежные и безопасные решения, Вы избегаете огромных проблем и потерь в будущем.

Общие положения

В настоящем документе приведено описание комплекса используемых технических средств (КТС) документации технического проекта портала РИПД.

Настоящий документ является неотъемлемой частью пояснительной записки к техническому проекту и должен использоваться совместно с описанием программного обеспечения.

Описание комплекса технических средств инфраструктуры пространственных данных Российской федерации основывается на имеющемся опыте построения систем аналогичного класса и носит рекомендательный характер. При выборе был учтен состав средств, имеющихся в пилотном регионе.

Окончательное описание комплекса технических средств определяется при окончательном выборе пилотного региона для внедрения Узла РИПД и утверждается Заказчиком отдельно.

Структура комплекса технических средств

Выбор структуры комплекса технических средств информационной системы осуществлялся на основании накопленного опыта построения систем аналогичного типа. Общая схема комплекса представлена ниже на рисунке. Описание состава технических средств комплекса приведено в следующем разделе.

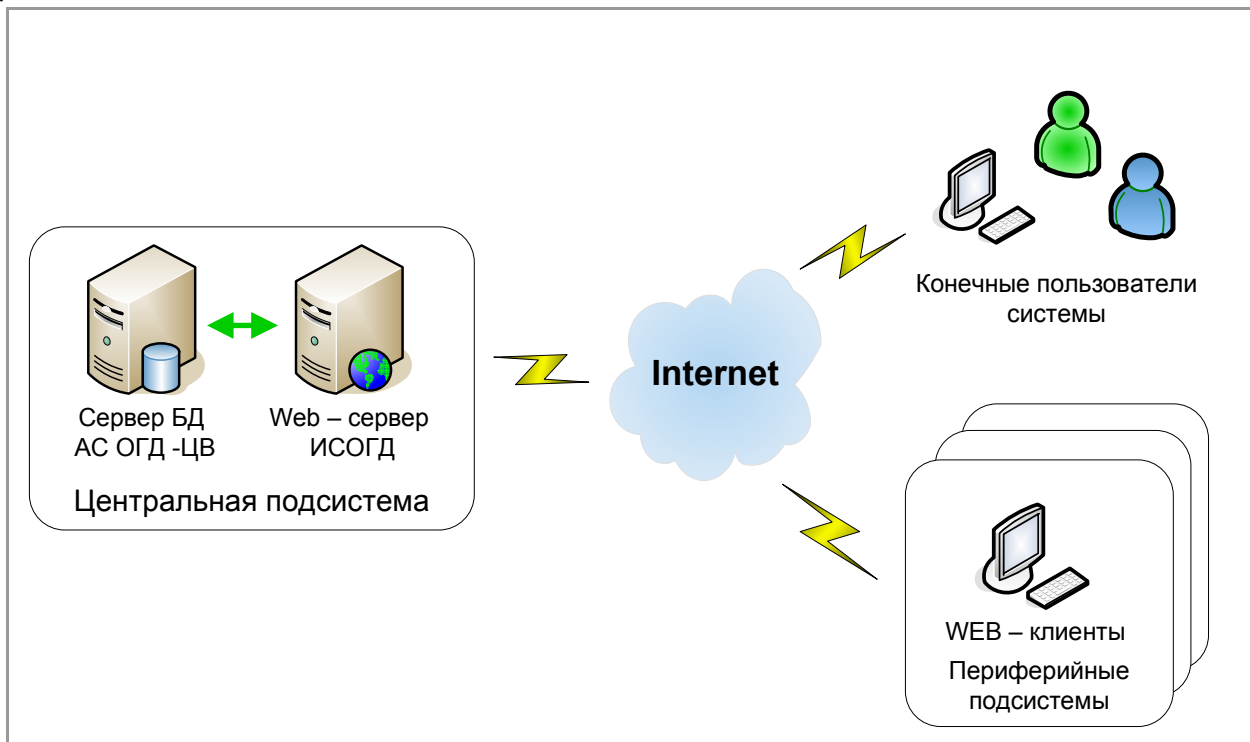


Рис. 1. Обобщённая структура комплекса технических средств

Функционирование комплекса технических средств подсистемы в целом, в том числе в пусковом и аварийном режимах, не предполагает наличия моментов отличных, от стандартного функционирования Web-сервера, сервера БД и Web-клиентов.

Требования к размещению комплекса технических средств на объектах внедрения определяются в соответствии с техническими условиями эксплуатации, предъявляемыми производителем.

Структура КТС состоит из:

- сервера приложений;
- сервера баз данных;
- АРМ обслуживающего персонала;
- АРМ пользователей;

Сервер приложений

Сервер приложений обрабатывает запросы от пользователей по протоколу HTTP/HTTPS, а так же обращается к сервисам, предоставляемым сервером базы данных.

Сервер базы данных

На сервере базы данных расположена база данных.

АРМ обслуживающего персонала

АРМ обслуживающего персонала используются для задач по управлению, администрированию и обслуживанию программного обеспечения пилота.

АРМ пользователей

АРМ пользователей используются гражданами и организациями для доступа к сервисам пилота

Функционирование КТС

Сервер приложений реализован на базе веб-сервера Jakarta Tomcat. Сервер приложений обрабатывает поступающие от пользователей портала запросы по протоколам HTTP или HTTPS. При выполнении запроса сервер приложений может обратиться к серверу базы данных за требуемой для обработки этого запроса информацией.

2. Состав основных функций АСУ: управляющие, информационные и вспомогательные.

В разделе приводится описание решений по выбору состава технических средств подсистемы. Приводятся данные по рекомендуемой комплектации Web-сервера подсистемы, сервера БД и типового рабочего места периферийной подсистемы.

В проекте поставлена цель: максимальное использование имеющихся средств и ориентация на международные стандарты. В ТЗ определены требования в соответствии со стандартами.

На этапе формирования региональных прототипов РИПД в качестве регионального администратора ИПД используется ФГУП «Уралгеоинформ».

Центр обладает технологическими и кадровыми возможностями, картографической базой. Центр имеет современное аппаратное и программное обеспечение.

Техническая и программная оснащенность центра «Уралгеоинформ»

Наименование	Характеристика	Количество
Компьютеры (всего)		146
Pentium IV	1,7 – 3,2 GHz	99
Pentium III	666 – 1200 MGz	47

Серверы двухпроцессорные (всего)		
---	--	--

Хеон 2,4 GHz		
Хеон 3,0 GHz		
Сканеры:		
Планшетный картографический СКПО	Формат A1, цветной	
Фотограмметрический СКФ-Ц	Цветной	
Фотограмметрический СФ-30	Черно-белый	
Широкоформатные плоттеры:		
Encad NovaJet 630	Формат A1	
Mutoh Falko Plus 6200	Формат A0	
Аналитическая фотограмметрическая станция SD-2000		

Локальная вычислительная сеть	1 Gb/100Mb	
----------------------------------	---------------	--

Специализированное программное обеспечение		
Фотограмметрическое	Программ но-аппаратный комплекс PHOTOMOD	
Геоинформационное	Mapinfo, ArcGis 9.1 , Geomatica, Панорама	
Для ведения баз метаданных по топографо- геодезическим и картографическим материалам и материалам ДЗЗ	Метабаза- 2, Ситуация-2	

Ниже приведены спецификации технических средств, подготовленные в соответствии с имеющимися средствами.

Сервер приложений

Спецификация сервера приложений

Параметр/Характеристика	Значение
Платформа	Intel
Процессор	2*Intel Xeon
Тактовая частота	3 Ghz
Оперативная память (RAM)	2048Mb DDR
Дисковая подсистема	4 * 36Gb SCSI 7200rpm HDD, организованные в массив RAID 1+0
Сетевое оборудование	Адаптер FastEthernet 100

Сервер баз данных

Спецификация сервера баз данных приведена в следующей таблице:

Параметр/Характеристика	Значение
Платформа	Intel
Процессор	2*Intel Xeon
Тактовая частота	3 Ghz
Оперативная память (RAM)	2048Mb DDR
Дисковая подсистема	4 * 36Gb SCSI 7200rpm HDD, организованные в массив RAID 1+0
Сетевое оборудование	Адаптер FastEthernet 100

АРМ обслуживающего персонала

Спецификация АРМ обслуживающего персонала приведена в следующей таблице:

Параметр/Характеристика	Значение
Платформа	Intel
Процессор	Intel Pentium IV
Число процессоров	1
Тактовая частота	1.7 Ghz
Оперативная память	128 Mb
Свободное дисковое пространство	100Mb
Сетевое оборудование	Адаптер FastEthernet 100
Видеосистема и монитор	разрешающая способность не ниже 800x600 точек

АРМ пользователей

Спецификация АРМ пользователей приведена в следующей таблице:

Параметр/Характеристика	Значение
Платформа	Intel

Процессор	Intel Pentium IV
Число процессоров	1
Тактовая частота	1.7 Ghz
Оперативная память	128 Mb
Свободное дисковое пространство	100Mb
Сетевое оборудование	Адаптер FastEthernet 100
Видеосистема и монитор	разрешающая способность не ниже 800х600 точек

Состав программного обеспечения

Сервер приложений

Назначение	Наименование	Версия
ОС	Microsoft Windows Server	2003/XP
Web-сервер	Jakarta Tomcat	4.1.31
Сервер приложений, прикладное ПО	Java 2 SDK, Standard Edition	1.4.2
	Apache Cocoon	2.1.5
	Exolab Castor	0.9.3

Сервер баз данных

Назначение	Наименование	Версия
ОС	Microsoft Windows Server	2003
СУБД	Oracle	9

АРМ обслуживающего персонала

Вид ПО	Программный продукт	Версия
ОС	Microsoft Windows	98/NT/2000/2003/XP
ГИС	ArcGIS, ESRI	9.3/10.*
Web-браузер	Microsoft Internet Explorer	6.0 и выше

АРМ пользователей

Вид ПО	Программный продукт	Версия
ОС	Microsoft Windows	98/NT/2000/2003/XP
Web-браузер	Microsoft Internet Explorer	6.0 и выше

3. Составные части АСУ ГПС: техническое, программное, информационное, организационное и оперативное обеспечение.

При построении средств современной промышленной **автоматики** (обычно в виде АСУ ТП) используется иерархическая информационная структура с применением на разных уровнях вычислительных средств различной мощности. Примерная общая современная структура АСУ ТП показана на рисунке 14.1:



ИП - измерительные преобразователи (датчики),
 ИМ - исполнительные механизмы,
 ПЛК - программируемый логический контроллер,
 ПрК - программируемый (настраиваемый) контроллер,
 ИнП- интеллектуальные измерительные преобразователи,
 ИнИМ - интеллектуальные исполнительные устройства,
 Модем - модулятор/демодулятор сигналов,
 ТО - техническое обеспечение (аппаратная часть, «железо»),
 ИО - информационное обеспечение (базы данных),
 ПО - программное обеспечение,
 КО - коммуникационное обеспечение (последовательный порт и ПО).
 ПОпл - программное обеспечение пользователя,
 ПОпр - программное обеспечение производителя,
 Инд - индикатор.

Рисунок 14.1 - Типовая функциональная схема современной АСУ ТП.

В настоящее АСУ ТП обычно реализуются по схемам:

1. 1-уровневой (локальная система), содержащей ПЛК, или моноблочный настраиваемый контроллер (МНК) обеспечивающие индикацию и сигнализацию состояния контролируемого или регулируемого ТП на передней панели,
2. 2-уровневой (централизованная система), включающих:
 1. на нижнем уровне несколько ПЛК с подключенными к ним датчиками и исполнительными устройствами,
 2. на верхнем уровне – одна (возможно несколько) операторских (рабочих) станций (автоматизированных рабочих мест (АРМ) оператора).

Обычно рабочая станция или АРМ - это ЭВМ в специальном промышленном исполнении, со специальным программным обеспечением, – системой сбора и визуализации данных (SCADA-системы).

Типовая функциональная схема одноуровневой АСУ ТП показана на рисунке 14.2



Рисунок 14.2 - Типовая функциональная схема одноуровневой системы автоматического управления САУ.

Основные функции элементов:

ПЛК:

1. прием дискретных сигналов от преобразователей технологического оборудования,
2. аналого-цифровое преобразование (АЦП) аналоговых сигналов, поступающих на входы из преобразователей,
3. масштабирование и цифровая фильтрация данных после АЦП,
4. обработка принятых данных по программе функционирования,
5. генерация (в соответствии с программой) управляющих дискретных сигналов и подача их на исполнительные устройства,
6. цифро-аналоговое преобразование (ЦАП) выходных информационных данных в выходные аналоговые сигналы,
7. подача управляющих сигналов на соответствующие исполнительные устройства,
8. защита от потери работоспособности из-за зависания процессора с помощью сторожевого таймера,
9. сохранение работоспособности при временном отключении электропитания (за счет источника бесперебойного питания с аккумулятором достаточной емкости),
10. контроль за работоспособностью датчиков и достоверностью измеренных величин,
11. индикация текущих и интегральных значений измеряемых величин,
12. контрольная сигнализация состояния управляемого процесса,
13. контрольная световая и символьная сигнализация состояния контроллера,
14. возможность конфигурации (настройки параметров) через ПК подключаемый, к специальному порту.

Преобразователи (Пр):

1. преобразование значения измеряемой величины (температуры, давления, перемещения и т.д.) в непрерывный или импульсный (для счетных входов ПЛК) электрический сигнал.

Исполнительные устройства (ИУ):

1. преобразование управляющих электрических непрерывных или импульсных сигналов в механическое перемещение исполнительных механизмов, электронное управление током в силовых цепях и т.д.

Устройство согласования (при необходимости):

1. гальваническая или другие виды развязки между ПЛК и исполнительными устройствами (ИУ),
2. согласование допустимых значений выходного тока управляющих каналов ПЛК и тока, необходимого для нормальной работы ИУ.

При недостаточном числе каналов одного ПЛК используется схема распределенного ввода/вывода с использованием других (управляемых, ведомых ПЛК) или дополнительных контроллеров (модулей) ввода/вывода.

Типовая функциональная схема одноуровневой АСУ ТП с распределенным вводом/выводом показана на рисунке 14.3:



Рисунок 14.3 - Типовая функциональная схема одноуровневой АСУ ТП с распределенным вводом/выводом

Типовая функциональная схема 2-уровневой АСУ ТП показана на рисунке 14.4.



Рисунок 14.4 - Типовая функциональная схема 2-уровневой АСУ ТП

Все ПЛК и АРМы объединены промышленной информационной сетью, обеспечивающей непрерывный обмен данными. Преимущества: позволяет распределить задачи, между узлами системы, повысить надежность ее функционирования.

Основные функции нижнего уровня:

1. сбор, электрическая фильтрация и АЦП сигналов с преобразователей (датчиков);
2. реализация локальных АСУ технологического процесса в объеме функций ПЛК одноуровневой системы;
3. реализация аварийной и предупредительной сигнализации;
4. организация системы защит и блокировок;
5. обмен текущими данными с ПК верхнего уровня через промышленную сеть по запросам ПК.

Основные функции верхнего уровня:

1. визуализация состояния технологического процесса;
2. текущая регистрация характеристик технологического процесса;
3. оперативный анализ состояния оборудования и **технологического процесса**;
4. регистрация действий оператора, в том числе при аварийных сообщениях;

5. архивация и длительное хранение значений протоколов технологического процесса;
6. реализация алгоритмов «системы советчика»;
7. супервизорное управление;
8. хранение и ведение баз данных:

о параметров техпроцессов,

о критических параметров оборудования,

о признаков аварийных состояний **технологического процесса**,

о состава допускаемых к работе с системой операторов (их паролей),

Таким образом, нижний уровень реализует алгоритмы **управления** оборудованием, верхний - решение стратегических вопросов функционирования. Например, решение включить или выключить насос принимается на верхнем уровне, а подача всех необходимых управляющих сигналов, проверка состояния насоса, реализация механизма блокировок выполняется на нижнем уровне.

Иерархическая структура **АСУ технологического процесса** подразумевает:

1. поток команд направлен от верхнего уровня к нижнему,
2. нижний отвечает верхнему по его запросам.

Это обеспечивает предсказуемое поведение ПЛК при выходе из строя верхнего уровня или промышленной сети, поскольку такие неисправности воспринимаются нижним уровнем как отсутствие новых команд и запросов.

При конфигурации ПЛК устанавливается: до какого времени после получения последнего запроса ПЛК продолжает функционировать, поддерживая последний заданный режим, после чего переходит в нужный при данной аварийной ситуации режим работы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие №1 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИРТ180ПМФ4)

2.1.1 Задание для работы:

1. Практическое освоение студентами методики оценки подготовленности изделий к автоматизации производства, овладение навыками отработки конструкции изделий на технологичность с учетом требований автоматического технологического процесса

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Исходные данные

Эскиз детали приведен на рис. 3. Материал детали – сталь. Автоматизируемые операции:

- сборка пластины со штифтом по отверстию **А**. Схема базирования детали на сборочной операции показана на рис. 4;
- шлифование поверхности **Б** на плоскошлифовальном станке с использованием магнитного стола.

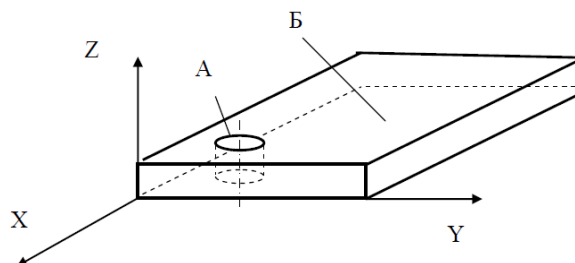


Рисунок 3. Эскиз детали (пластина)

Кодирование детали по каждой операции
Сборка

Плоское шлифование

1. Асимметрия наружного контура, металлическая.....	1000000
2. Несцепляемая.....	000000
3. Пластинчатая, толстая, ферромагнитная.....	20000
4. Некруглая, прямая.....	3000
5. Одна ось вращения (Z), одна плоскость симметрии (XY).....	100
6. Центрального отверстия нет, гладкая.....	10
7. Дополнительные признаки отсутствуют.....	0
	1023110
Сумма баллов.....	8
Категория сложности.....	1

Мероприятия по улучшению конструкции детали

Операция плоского шлифования не требует совершенствования конструкции детали, автоматизация достигается достаточно просто.

Операция сборки требует изменения конструкции. Из анализа кода данной операции видно, что на общее увеличение сложности значительное влияние оказали ступень 5 и, частично, ступень 1. Если увеличить симметричность детали, то деталь сможет поступать на сборку не в одном положении, а в нескольких, что упростит конструкцию ориентирующих устройств. Возможно, будет также перейти к ориентации детали по наружному контуру. Рассмотрим часто используемый прием – добавление фальшэлементов (считаем, что это допустимо по служебному назначению детали).

В данном случае целесообразно добавить дополнительные отверстия (рис. 5а, б). Нетрудно убедиться, что для детали с двумя отверстиями (рис. 5а), код будет – **4023615**, категория сложности – **3**, а для детали с четырьмя отверстиями (рис. 5б) код будет – **1023410**, категория сложности – **2**.

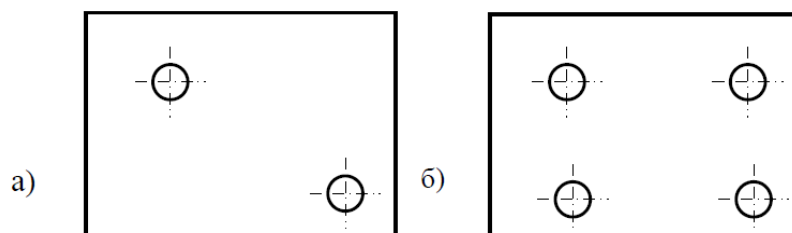


Рисунок 5. Варианты изменения конструкции детали

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Рекомендуется следующая последовательность выполнения работы:

1. Используя прил. 1 или по указанию преподавателя выбираются 2-3 детали для последующей оценки.

2. Для каждой детали формулируются конкретные операции, подлежащие автоматизации (механическая обработка, сборка, контроль, транспортировка и т.д.) с указанием необходимых конкретных условий (оборудование, режимы работы, требуемое положение детали, дополнительные условия, влияющие на сложность автоматизации и т.д.).

3. Используя предложенную систему оценки (прил. 2), проводят кодировку деталей для выбранных операций. Определяются категории сложности.

4. Для операции, получившей наибольшую сумму баллов, предлагаются мероприятия по улучшению конструкции либо ТП для повышения степени подготовленности, то есть уменьшению величины суммы баллов **В** и, следовательно, и категории **К**. Все предложения оформляются в виде необходимых эскизов, текстового описания, новых значений кодового обозначения.

5. Делаются выводы по работе.

2.1.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы рассчитали, уровень автоматизации технологического оборудования (ИРТ180ПМФ4)

2.2 Практическое занятие №2 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИР200ПМФ4)

2.2.1 Задание для работы:

1. Практическое освоение студентами методики оценки подготовленности изделий к автоматизации производства, овладение навыками отработки конструкции изделий на технологичность с учетом требований автоматического технологического процесса

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

Пример выполнения работы рассмотрен в п. 5.2. Общий порядок выполнения работы следующий: Выберите из приложения в соответствии с заданным вариантом чертеж детали (табл. П2) и параметры для расчета АЗУ (табл. П1).

1. При необходимости по указанию преподавателя проведите оценку подготовленности конструкции детали к автоматическому производству (5), используя оценочные таблицы (приложение, табл. П3, П4).

2. Определите все возможные устойчивые различимые положения детали на лотке ВБЗУ и выберите наиболее удобное окончательное требуемое положение детали в точке А.

3. Рассмотрите необходимость и конструкцию устройств для систематизации потока.

4. Используя типовые решения (приложение, табл. П 6) предложите конструктивные решения ориентаторов для обеспечения требуемого положения детали. При невозможности полного завершения ориентации в ВБЗУ покажите какие два (не более) устойчивых различимых положения детали обеспечиваются на выходе. Предложите конструктивное решение ВОУ.

5. Оформите отчет по работе.

2.2.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы рассчитали уровень автоматизации технологического оборудования (ИР200ПМФ4)

2.3 Практическое занятие №3 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (ИР500ПМФ4)

2.3.1 Задание для работы:

1. Практически ознакомить студентов с методикой расчета ВБЗУ.

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

Конструкция, принцип действия, преимущества ВБЗУ рассмотрены в лекциях (1, п. 2.3.3.3). Методика проектирования ВБЗУ [2, с. 229-241; 3, с. 221-225; 4, с. 426-430] включает в себя расчеты режима работы, конструктивных размеров чаши, основных параметров движения изделий, амплитуды колебаний лотка, колебательной системы, движущей силы вибратора.

Расчет режима работы ВБЗУ подразумевает определение средней производительности Q_{CP} , средней скорости движения изделия по лотку V_{CP} , коэффициента заполнения лотка k_3 .

Средняя производительность ВБЗУ

$$Q_{CP} = Q_{АЗУ} / (1 - k_H), \quad (9)$$

где Q_{AZU} – требуемая производительность АЗУ, определяется по формуле (1); k_H – коэффициент, учитывающий нестабильность подачи изделий ВБЗУ (из-за изменения степени заполнения бункера, изменения напряжения сети, непостоянства коэффициента трения, загрязнения лотков), $k_H = 0,2 \dots 0,3$.

Средняя скорость движения изделия по лотку (мм/с)

$$v_{CP} = \frac{Q_{CP} \cdot l_H}{60 \cdot k_3}, \quad (10)$$

где l_H – длина изделия (размер в направлении движения), мм; k_3 – коэффициент заполнения лотка изделиями в требуемом ориентированном положении, он зависит от типа ориентирующих устройств (устройства пассивной ориентации разряжают поток, активные – не разряжают, т.е. не снижают производительности)

Коэффициент заполнения лотка изделиями определяется по формуле:

$$k_3 = P(l_0) \cdot C_{\Pi}, \quad (11)$$

где $P(l_0)$ – коэффициент вероятности правильно ориентированных изделий; C_{Π} – коэффициент плотности потока изделий.

Коэффициент плотности потока изделий рассчитывается как

$$C_{\Pi} = l_H / (l_H + S), \quad (12)$$

где S – среднее значение зазора между изделиями на лотке (при $S = 0$, $C_{\Pi} = 1$).

При пассивном ориентировании симметричных валиков и втулок по цилиндрической поверхности (при $l_H > d$)

$$P(l_0) \approx 1 / \sqrt{1 + (d / l_H)^2}, \quad (13)$$

для несимметричных деталей

$$P(l_0) = 0,5 / \sqrt{1 + (d / l_H)^2}. \quad (14)$$

Для тонких симметричных пластин ($b < l_H \gg d$) и длинных цилиндрических деталей $l_H > 10d$, коэффициент $P(l_0) \approx 1$.

При использовании в приводе ВБЗУ электромагнитного вибратора любую скорость, меньшую предельной, можно легко получить за счет изменения амплитуды колебания лотка.

Расчет конструктивных размеров чаши включает определение диаметра D , высоты H , шага лотка t , объема V_d загружаемой партии. Различают чаши цилиндрические и конические (рис. 7).

Для цилиндрической чаши наружный диаметр определяют по формуле

$$D = D_B + 2 \cdot \Delta, \quad (15)$$

Пример выполнения работы приведен в п. 5.4. Общий порядок выполнения работы следующий:

1. С учетом выбранного метода ориентирования или формул 11-14 по формуле (10) определите среднюю скорость движения по лотку ВБЗУ.
2. Рассчитайте основные конструктивные размеры чаши ВБЗУ.
3. Рассчитайте параметры движения детали и колебательной системы ВБЗУ.

2.3.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы рассчитали уровень автоматизации технологического оборудования (ИР500ПМФ4)

2.4 Практическое занятие №4 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации технологического оборудования (1В340ПМФ)

2.4.1 Задание для работы:

1. Ознакомление студентов с правилами построения и анализа циклограмм работы автоматических обрабатывающих ячеек

2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

При разработке циклограмм работы автоматических машин (систем машин) обычно решаются следующие задачи:

- проектируется четкая последовательность действий и необходимых команд управления для всех исполнительных механизмов машины, на основании которой затем составляется управляющая программа

(УП). Для РТК, например, по циклограмме его работы составляется УП для промышленного робота (ПР), который координирует работу остального оборудования;

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

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

Известны различные формы представления циклограмм: табличные, круговые и пр. Наибольшее распространение получили циклограммы в форме таблицы.

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

Тогда циклограмма будет включать в себя следующие столбцы:

- оборудование;
- исполнительные механизмы, выполняющие отдельные элементы цикла;
- возможные состояния исполнительных механизмов в цикле;
- необходимое число тактов цикла.

Число строк определяется числом состояний всех исполнительных механизмов.

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

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

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

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Схема АОЯ приведена на рис. 1. В состав ячейки входят:

- токарный станок с ЧПУ 16K20Ф3Р132;

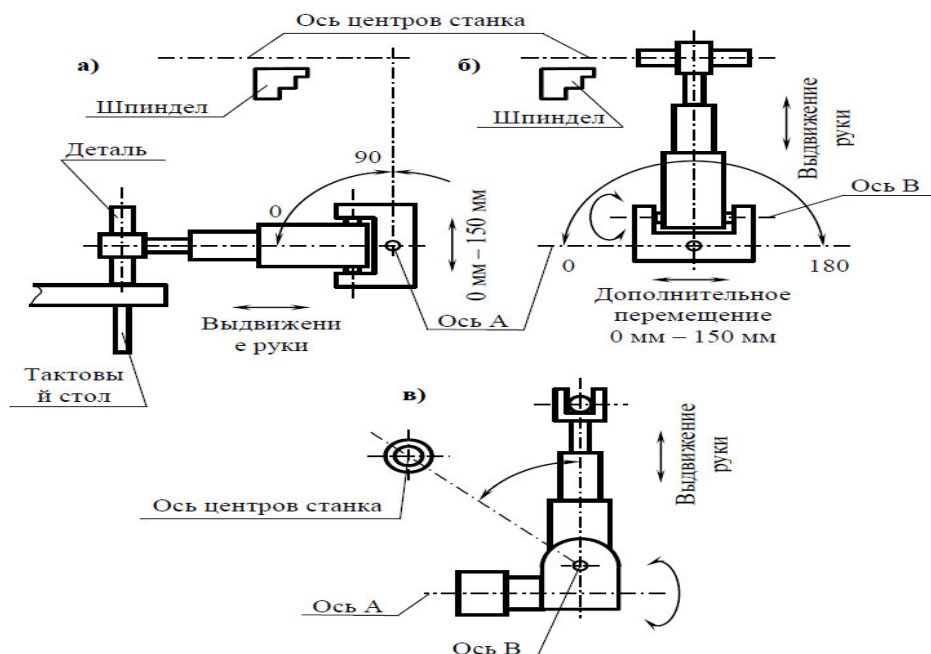


Рисунок 1. Схема автоматической обрабатывающей ячейки: а – вид спереди (захват заготовки); б – вид спереди (загрузка на станок); в – вид сбоку

- промышленный робот М10П.62.01;
- тактовый стол.

Обрабатываются детали типа валов, запас которых находится на тактовом столе. Ось детали на столе – вертикально. Готовая деталь должна быть возвращена на тактовый стол в эту же позицию. Состав необходимых для загрузки-разгрузки исполнительных механизмов и их состояний приведен на рис. 2.

Оборудование	Исполнительный механизм	Состояние	Такты												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	...
Станок	ограждение	закрыто									+				
		открыто													+
	охлаждение	включено									+				
		выключено													+
	приспособление	открыто													
		закрыто						+							
шпиндель	включен											+			
	выключен												+		
Промышленный робот	поворот вокруг оси А	к такт. столу													
		от такт. стола			+										
	поворот вокруг оси В	к станку				+									
		от станка							+						
	рука	выдвинута	+												
		задвинута								+					
	схват	закрыт		+											
		открыт							+						
	дополнительный сдвиг	к патрону					+								
		от патрона			+										
Тактовый стол поворот на 1 шаг															

Рисунок 2. Фрагмент циклограммы АОЯ

Определим исходное состояние исполнительных механизмов:

- ограждение - открыто;
- охлаждение – выключено;
- приспособление – открыто;

- шпиндель – выключен;
- механизм поворота вокруг оси А – к тактовому столу (0^0);
- механизм поворота вокруг оси В – от станка;
- рука – задвинута;
- схват – открыт;
- дополнительный сдвиг – к 0 мм (влево относительно оси руки ПР);
- тактовый стол – заготовка на позиции загрузки.

Примем следующий **цикл** загрузки – разгрузки станка.

Рука выдвигается. Схват закрывается. Рука поднимается вверх, вынимая заготовку из кассеты. Поворот на 90^0 вокруг оси А. Поворот вокруг оси В (заготовка попадает на ось центров станка). Рука сдвигается к шпинделю, вставляя заготовку в патрон. Патрон закрывается. Схват открывается. Рука задвигается и поворачивается вокруг оси В вертикально. Ограждение закрывается, включается охлаждение и начинается обработка по УП. Обработка заканчивается, шпиндель выключается, выключается охлаждение и открывается ограждение. Поворот руки вокруг оси В к станку, выдвижение руки и зажим детали. Приспособление открывается, и рука сдвигается от шпинделя. Поворот вокруг оси В в вертикальное положение и задвижение руки. Поворот вокруг оси А в положение 0^0 (к тактовому столу). Рука выдвигается и опускается вниз, вставляя деталь в кассету. Схват открывается и рука задвигается. Тактовый стол поворачивается на одну позицию. Цикл закончен.

2.4.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы построили и проанализировали циклограммы работ автоматических обрабатывающих ячеек

2.5 Практическое занятие №5 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (АТСС) гибких производственных систем.

2.5.1 Задание для работы:

1. Изучить производственные возможности роботизированного токарного комплекса (РТК) на базе станка 16К20Ф3С32 и робота М10П.62.01, научиться рассчитывать цикловую, собственную и фактическую производительность автоматизированного оборудования на примере РТК модели 16К20Ф3Р132, строить баланс производительности

2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

Для заданного варианта задания (прил. 1, табл. П1, рис. П1) необходимо рассчитать все виды производительности и построить баланс производительности. Заготовка – резаный сортовой прокат $\varnothing D$, обработке подлежат только торцовая и цилиндрическая (поверхность $\varnothing d$) поверхности.

1. По типовым схемам (прил. 1) обработки детали установить вид обработки и число рабочих ходов по каждой элементарной поверхности. Далее определить глубину резания t , выбрать величину оборотной подачи $S_{\text{мм/об}}$ и рассчитать скорости резания v . Рассчитать частоту вращения шпинделя n и определить значение минутной подачи $S_{\text{мм/мин}}$. При расчете времени холостых ходов t_{x2} принять скорость быстрых перемещений в продольном направлении равной 7500 мм/мин, а в поперечном направлении – 5000 мм/мин. Размер М (расстояние от вершины инструмента до поверхности Заготовки по координате Х) рекомендуется принимать не менее 50 мм, а размер N (расстояние от вершины инструмента до поверхности заготовки по координате Z) – не менее 10 мм (прил. 1, рис. П2, П3). Заполнить расчетные таблицы (табл. П2, П3) и суммированием определить значения времени рабочих ходов t_p и холостых ходов на замену координаты - t_{x2}

2. Определение времени на загрузку-разгрузку токарного станка t_{x1} производится путем составления циклограммы работы комплекса. Циклограмма работы составляется на основе табл. П7 прил. 2. Необходимые данные о времени срабатывания механизма приведены в табл. П5, П6. Скорость перемещения схвата робота определяется по табл. П8. Время перемещения детали по каждой из осей следует определять в отдельности и принимать наибольшее.

При разработке циклограммы необходимо записать все элементы движений робота, из которых складывается рабочее движение. Оси координат робота и данные о пределах его перемещений приведены в прил. 2 рис. П4.

3. Определение времени на смену инструмента в рабочей позиции t_{x3} производится по (3, стр. 605). Число используемых режущих инструментов – 2.

4. Собственные внецикловые потери Σt_c складываются из простоев станка и системы ЧПУ [3, стр. 629]:

- Σt_c станка = $(0,05 \dots 0,07) \cdot (0,4 \dots 0,5) = 0,025$, т. е. 2,5% от времени бесперебойной работы станка или 2,5 часа на 100 часов работы,

- Σt_c ЧПУ = $(5 \dots 7)$ часов на 100 часов работы, т. е. например $\Sigma t_c = 6 + 2,5 = 8,5$ часов на 100 часов работы.

Тогда на одну деталь:

$$\Sigma t_c = \frac{8,5 \cdot T}{60 \cdot 100}, \text{ мин}$$

где T – время цикла обработки детали.

3.5. Коэффициент загрузки $\eta_{заср}$ принять по рекомендациям [3, стр. 630]. Коэффициент выхода годной продукции принять по согласованию с преподавателем из диапазона $0,92 < \gamma \leq 0,99$.

3.6. Потери на переналадку $\Sigma t_{пер}$ определяется:

$$\Sigma t_{пер} = \frac{T_{n-3}}{Z}$$

где Z - размер партии запуска, например, 100 штук; T_{n-3} – подготовительно-заключительное время, мин.

Подготовительно-заключительное время имеет следующую структуру (3, стр. 604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} + T_{n-33} ,$$

где T_{n-31} - постоянная составляющая, определяется по рекомендациям Оргстанкинпрома, $T_{n-31} = 12$ мин для всех станков

с ЧПУ; T_{n-32} - затраты времени на дополнительные работы [3, стр. 610]; T_{n-33} - время на обработку пробной детали [3, стр. 611].

7 Используя формулы (1, 3, 10, 11) рассчитать все виды производительности и построить графически в выбранном масштабе баланс производительности. Сделать выводы о влиянии потерь на производительность комплекса.

8 Оформить отчет по работе.

2.5.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы изучили производственные возможности роботизированного токарного комплекса (РТК) на базе станка 16К20Ф3С32 и робота М10П.62.01, научились рассчитывать цикловую, собственную и фактическую производительность автоматизированного оборудования на примере РТК модели 16К20Ф3Р132, строить баланс производительности

2.6 Практическое занятие №6 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (ЗКИ, ЗКП) гибких производственных систем

2.6.1 Задание для работы:

1. Закрепить полученные теоретические знания и практически ознакомить студентов со способами обоснованного выбора уровня автоматизации ГПС на этапе разработки технического предложения.

2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями (п. 2) и примером выбора оптимального уровня автоматизации ГПС (п. 3).

2. Получить у преподавателя задание. Структура номера варианта для расчета состоит из 4 цифр (соответственно данные из таблиц П1–П4). Недостающие исходные данные можно принимать самостоятельно ориентируясь на пример расчета (п. 3). В связи с большим объемом расчетных работ целесообразно выполнять задание подгруппами из 2-3 студентов.

3. По результатам хронометража и исходным данным определить для базового варианта производительность Q_6 и основные виды потерь Σt_c , $\Sigma t_{опр}$, $\Sigma t_{пер}$.

4. Составить перечень реализуемых функций АСУ ГПС.

Функции автоматического управления последовательностью работы основного технологического оборудования, хранение управляющих программ в памяти ЭВМ, а также автоматического регулирования процессов обработки принять в безусловном порядке во всем вариантах. Из оставшихся отобрать не более 3-4 наиболее перспективных для автоматизации функции (иначе размерность и трудоемкость задачи значительно увеличится).

5. Проанализировать возможное улучшение параметров работы оборудования после его модернизации и встраивания в ГПС. Результаты свести в таблицу (табл. 2).

6. Сформировать совокупность технически целесообразных вариантов построения ГПС. По каждому варианту рассчитать его основные характеристики – T , $\Sigma t_{опр}$, $\Sigma t_{пер}$, Φ_I , ζ , ε , Φ_{min} . Для наиболее развитого (по числу функций) варианта расчет параметров представить подробно, для остальных – свести в таблицу (табл. 3).

7. Расчет ожидаемых капитальных затрат $K_{АСУ}$ произвести из следующих соображений:

- стоимость капитальных затрат на создание АСУ ГПС принять для минимального уровня автоматизации (автоматизированы только функции автоматического управления последовательностью работы основного технологического оборудования, хранение управляющих программ в памяти ЭВМ, а также автоматического регулирования процессов обработки) $K_{АСУ} = 850$ тыс. у.е.;
 - автоматизация других функций дополнительно увеличивает величину $K_{АСУ}$ (см. табл. 1).
7. Произвести отбор наиболее рационального варианта.
8. Оформить отчет по работе.

2.6.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы закрепили полученные теоретические знания и практически ознакомились со способами обоснованного выбора уровня автоматизации ГПС.

2.7 Практическое занятие №7 (4 часа).

Тема: Расчет уровня автоматизации систем обслуживания (КПС, УМС) гибких производственных систем

2.7.1 Задание для работы:

1. Ознакомить студентов с практическими методами расчета количественных показателей надежности элементов и систем.

2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

Задача. Рассчитать параметры надежности изделий для следующих условий. На испытание по параметру X было поставлено N_0 невосстанавливаемых изделия. Отказ первого изделия произошел через t_1 часов работы, последнего – через t_n часов работы. Период времени между t_n и t_1 разделен на 10 интервалов наблюдений. В таблице П1 приведены исходные данные по вариантам.

Рассмотрим решение, используя первый вариант. Необходимо:

1. Рассчитать и построить графики зависимостей $P(t)$, $Q(t)$, $a(t)$, $\square(t)$.

2. Определить значения:

средней наработки до отказа T ;

- наработки T_0 , при которой для любого изделия $K_{над} \square K_{над}^{зад}$;

- гамма-процентного ресурса T_\square

Решение. Для построения графиков $P(t)$, $Q(t)$, $a(t)$, $\square(t)$ заполним таблицу 1, используя формулы (1), (2), (6), (7).

Таблица 1 – Расчетная таблица

Величина ¹	Номер интервала									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n(\Delta t)$	260	110	50	10	10	20	30	110	170	230
A_i	740	630	580	570	560	540	510	400	230	0
B_i	260	370	420	430	440	460	490	600	770	1000
N_{cp}	870	685	605	575	565	550	525	455	315	115
$P(t)_i$	0,74	0,63	0,58	0,57	0,56	0,54	0,51	0,4	0,23	0
$Q(t)_i$	0,26	0,37	0,42	0,43	0,44	0,46	0,49	0,6	0,77	1
$a(t)_i$	0,026	0,011	0,005	0,001	0,001	0,002	0,003	0,011	0,017	0,023
$\lambda(t)_i$	0,030	0,016	0,008	0,002	0,002	0,004	0,006	0,024	0,054	0,200

¹ В таблице обозначено:

- $n(\Delta t)$ – число изделий, отказавших в i -ом интервале;
- A_i – общее число исправных изделий к концу i -го интервала;
- B_i – общее число отказавших изделий к концу i -го интервала;
- N_{cp} – среднее число исправных изделий в i -ом интервале.

При построении совместим соответственно графики $P(t)_i$ и $Q(t)_i$ (рис. 2) и $a(t)_i$ и $\square(t)_i$ (рис. 3).

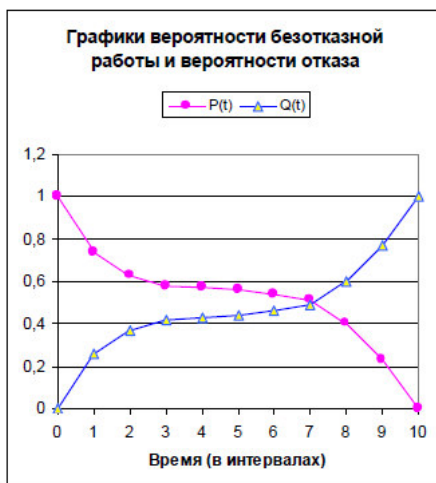


Рис.2. Графики $P(t)_i$ и $Q(t)_i$

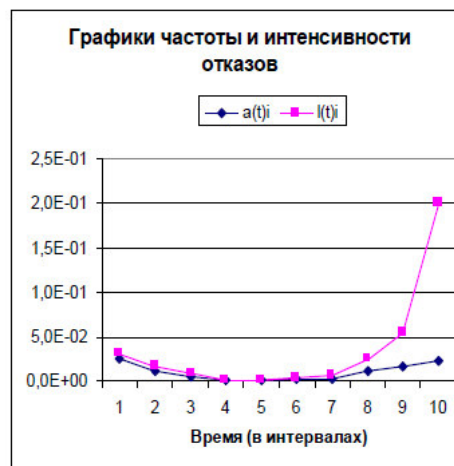


Рис.3. Графики $a(t)_i$ и $\lambda(t)_i$

Для определения показателей T_0 , T , T_γ построим расчетную схему (рис. 4).



Рис. 4. Расчетная схема для определения показателей долговечности

Величину T_0 определим с учетом формулы (5) из подобия треугольников:

$$T_0 = t_1 / K_{\text{над}}^{\text{зад}} = 100 / 2 = 50 \text{ ч.}$$

Среднюю наработку на отказ удобнее определять по формуле:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i \cdot n(\Delta t)_i}{N_0} = \frac{105 \cdot 260 + 115 \cdot 110 + \dots + 195 \cdot 230}{1000} = 153 \text{ ч.}$$

где t_i – время середины i -го интервала наблюдения, час.

Для определения T_γ примем следующие рассуждения. Это значение срока службы должно делить площадь гистограммы (рис. 4) в заданном γ -процентом отношении (в задании – $Q(t) : P(t) = 40\% : 60\%$).

Определим заданное число отказавших изделий $N_{\text{отк}}$ и сравним его со строчкой B_i табл. 1:

$$N_{\text{отк}} = N_0 \cdot (100 - \gamma) / 100 = 1000 \cdot 40 / 100 = 400 \text{ шт.}$$

Видно, что указанное событие может произойти по истечении некоторого числа интервалов наблюдений. Обозначим целое число интервалов наблюдений, прошедших до того момента, когда произойдет отказ $N_{\text{отк}}$ изделий – m . Тогда для расчета T_γ можно использовать следующую аналитическую формулу:

$$T_\gamma = t_1 + \frac{(t_n - t_1)}{10} \cdot m + \frac{(N_0 \cdot (100 - \gamma) / 100 - B_m) \cdot (t_n - t_1) / 10}{n_{m+1}} =$$

$$= 100 + 10 \cdot 2 + \frac{(400 - 370) \cdot 10}{50} = 126 \text{ ч.}$$

Рассчитанные показатели долговечности в соответствующем масштабе откладываются на расчетной схеме (рис.4).

2.7.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы ознакомились с практическими методами расчета количественных показателей надежности элементов и систем.

2.8 Практическое занятие №8 (8 часа).

Тема: Разработка структуры управления и компоновки ГАУ

2.8.1 Задание для работы:

1. Закрепить полученные теоретические знания и практически ознакомить студентов со способами обоснованного выбора уровня автоматизации ГПС на этапе разработки технического предложения.

2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

Очевидно, **оптимальным** следует считать проект, который приводит к созданию объекта, наилучшего из реально возможных в данных конкретных условиях.

Применительно к металлорежущим системам это означает создание таких конструкций, которые обеспечивают выпуск продукции заданного качества с требуемой производительностью при наивысших экономических показателях, отвечают требованиям технической эстетики и охраны окружающей среды, удобны в обслуживании и тому подобное.

Процесс создания оптимальных проектов предполагает наличие:

- оптимальной последовательности проектных процедур;
- методов принятия оптимальных решений на каждом этапе. Анализ процесса проектирования гибких производственных.

Систем (ГПС) – позволяет использовать в качестве оптимальной следующую **последовательность проектных процедур:**

- проведение НИР и ОКР для разработки и отработки технологических методов и процессов, конструктивных решений важнейших функциональных узлов;
формулировка проектной задачи, выбор основных характеристик проектируемого объекта;
разработка технологических процессов, включая выбор методов и маршрутов обработки, режимы обработки, методы обеспечения и стабилизации качества выпускаемой продукции;
схемно-компоновочное проектирование объекта, включая разработку структуры и компоновки системы, определение уровня автоматизации, выбор системы управления (СУ) и т.д.;
конструктивная проработка всех компонентов (механизмов, устройств, вспомогательного оборудования) и объекта в целом, разработка общих видов и планировка;
технико-экономическая оценка разработанного проекта, сопоставление полученных характеристик объекта с техническим заданием.

Для простых или типовых систем указанная последовательность позволяет получить при наличии инженерного опыта решения, близкие к оптимальным, сравнительно просто, с использованием несложных вычислений. По мере усложнения объекта все большую роль начинают играть современные методы оптимального проектирования, основанные на специальном методологическом и математическом аппарате и использовании вычислительной техники.

Введем необходимые термины:

целевая функция – величина, для которой в результате процесса проектирования должны быть получены оптимальные или граничные значения (минимум приведенных затрат, максимальная производительность и тому подобное);

управляющие переменные – параметры проектируемого объекта, численные значения которых и являются предметом оптимизации (число рабочих позиций, станков, участков в АЛ, состав функций АСУ ТП в ГПС и др.);

управляемые переменные – частные функции сочетания управляющих переменных, которые в процессе оптимизации чаще всего выступают в качестве ограничивающих факторов (заданная программа выпуска и др.);

константы проектирования – постоянные для данных условий величины (нормы амортизационных отчислений, ожидаемые показатели надежности и т.д.).

Различают однокритериальную оптимизацию, когда целевая функция единственная, а результаты однозначны, и многокритериальную, когда имеется несколько целевых функций и необходимы компромиссные решения. Во всех случаях наиболее ответственными и сложными являются ранние этапы проектирования, на которых формируются основные структурно-компоновочные решения. На этих этапах имеется значительное число вариантов. **Процесс оптимизации** на любом этапе включает две стадии:

формирования совокупности технически возможных и целесообразных проектных вариантов, отличающихся сочетанием управляющих параметров;

выбор оптимального варианта по заданной целевой функции.

Причем первая стадия носит в основном **экспертный** характер, а вторая – **расчетный**. Для второй стадии необходимо иметь математические модели взаимосвязи управляющих переменных с целевой функцией и ограничениями. Процесс выбора, как правило, носит пошаговый характер с постепенным сужением по принятым критериям числа рассматриваемых конкретных вариантов объекта.

Рассмотрим последовательность выполнения обеих стадий оптимизации на этапе схемно-компоновочного проектирования.

Формирование общей совокупности возможных и целесообразных вариантов. Этап выполняется после разработки ТП. Общая последовательность следующая:

Выявление управляющих переменных (технологических, структурных, компоновочных, конструктивных), характерных для данного объекта с учетом требований заявки на проектирование.

Оценка возможного числа значений каждой вариантной управляющей переменной.

Формирование общего числа возможных вариантов компоновки объекта.

Отсевание невозможных или технически нецелесообразных вариантов с учетом имеющегося в отрасли практического опыта эксплуатации аналогичных объектов.

Выбор оптимального варианта. Последовательность пошагового отбора оптимального варианта определяется конкретно проектируемыми объектами и будет показана в дальнейшем для ГПС.

В данной методике основным вариационным признаком АСУ ГПС является количество и номенклатура выполняемых функций управления. Для ГПС целесообразно рассматривать следующие функции автоматизированных систем управления:

управление последовательностью работы основного технологического оборудования от ЭВМ. При этом могут быть повышены режимы обработки, т.е. повышена технологическая производительность K , также уменьшены потери производительности из-за холостого хода Q_i ;

оптимальное регулирование процессов обработки.

Учет нерегламентированных возмущающих воздействий позволяет повысить производительность K и снизить потери от брака Q_v ;

управление транспортно-складирующими системами.

Позволяет снизить организационные потери Q_{IV} из-за отсутствия заготовок у станка;

управление механизмами автоматической загрузки. Снижает время холостых ходов на загрузку-разгрузку станков

управление инструментом. Позволяет сократить организационные потери Q_{IV} , связанные с отсутствием инструмента на позициях обработки;

– **функциональная диагностика оборудования.**

Контроль за состоянием оборудования, систем управления и т.д. позволяет сократить потери из-за надежности потери производительности из-за брака Q_V ;

статистическая диагностика работоспособности и использования машин. Учет и анализ работы оборудования в первую очередь позволяет сократить организационные потери Q_{IV} ;

оперативное планирование загрузки оборудования.

Позволяет существенно сократить такие виды простоев как отсутствие заготовок, неравномерная загрузка оборудования (организационные потери Q_{IV}), а также ускорить переналадку (ΔQ_{VI}) за счет подбор порядка запуска деталей;

оперативный учет выпуска и качества продукции.

Повышение оперативности управления в первую очередь уменьшает организационные потери Q_{IV} ;

автоматизация подготовки управляющих программ. Своевременное отсутствие управляющих программ может привести к росту организационных потерь Q_{IV} ;

автоматизация контроля и корректировки управляющих программ. В первую очередь автоматизация данной функции позволяет сократить потери по браку Q_V ;

данной функции позволяет сократить потери по браку.

хранение управляющих программ в памяти Позволяет сократить время на переналадку оборудования **оперативное управление ремонтной** Повышается качество ремонтной службой и, в конечном итоге, уменьшаются потери по надежности Q_{III} .

Таким образом, каждая функция АСУ является достаточно узкоспециализированной и позволяет сократить те или иные потери производительности или повысить качество поверхности. Очевидно эффективность автоматизации конкретных функций в большой степени определяется фактическим состоянием потерь производительности базового варианта. В качестве сопоставимого (базового) рассматривается вариант автономно работающих обрабатывающих центров (ОЦ), пригодных для встраивания в ГПС. В предлагаемой методике основным вариационным параметром является номенклатура функций АСУ ТП, которая однозначно определяет и состав вспомогательного оборудования. Из функций АСУ отбираются те, которые могут быть реализованы в данных конкретных условиях. Затем выявляются перспективные функции, которые могут дать существенный рост производительности или сокращение обслуживающего персонала. В табл. 1 показано влияние автоматизации функций ГПС. Эксплуатационные исследования работоспособности базового. В предлагаемой методике основным вариационным параметром является номенклатура функций АСУ ТП, которая однозначно определяет и состав вспомогательного оборудования. Из функций АСУ отбираются те, которые могут быть реализованы в данных конкретных условиях. Затем выявляются перспективные функции, которые могут дать существенный рост производительности или сокращение обслуживающего персонала. оборудования проводятся с целью количественной оценки его функционирования, расчета K , цикловой Q_{κ} и фактической Q_{ϕ} производительности, а также всех видов потерь производительности. Основным инструментом выполнения данной работы является хронометраж работы. Произведя соответствующие расчеты для различных видов потерь, можно определить приближенно наиболее перспективные функции для автоматизации. Следует отметить, что некоторые функции АСУ при создании ГПС во многих случаях являются безусловными. К ним относятся для дискретных процессов функции автоматического управления последовательностью работы основного технологического оборудования, хранение управляющих программ в памяти ЭВМ, а также автоматического регулирования процессов обработки, которые являются главным содержанием процесса автоматизации.

Таблица 1 Влияние автоматизации функций ГПС

Таблица 1

Влияние автоматизации функций ГПС

Функции интегрированных АСУ для ГПС	Влияние	Дополнительные затраты на $K_{АСУ}$, тыс. у.е.
Управление последовательностью работы основного оборудования	$K \uparrow, \Delta Q_T \downarrow$	–
Оптимальное регулирование процессов обработки	$K \uparrow, \Delta Q_{II} \downarrow$	–
Управление транспортно-складирующими системами	$\Delta Q_{IV} \downarrow$	50
Управление механизмами автоматической загрузки-выгрузки	$\Delta Q_I \downarrow$	35
Управление инструментом обеспечением	$\Delta Q_{IV} \downarrow$	40
Функциональная диагностика	$\Delta Q_{III} \downarrow, \Delta Q \downarrow$	50
Статистическая диагностика	$\Delta Q_{IV} \downarrow$	35
Оперативное планирование загрузки оборудования	$\Delta Q_{IV} \downarrow, \Delta Q_{VI} \downarrow$	30
Оперативный учет выпуска и качества продукции	$\Delta Q_{IV} \downarrow$	45
Подготовка управляющих программ	$\Delta Q_{IV} \downarrow, \Delta Q_V \downarrow$	60
Хранение управляющих программ в памяти ЭВМ	$\Delta Q_{VI} \downarrow$	–
Оперативное управление ремонтно-эксплуатационной службой	$\Delta Q_{III} \downarrow, \Delta Q_{IV} \downarrow$	45

Наиболее ответственным и слабо формализованным является этап оценки ожидаемого роста производительности оборудования из-за автоматизации выбранного набора функций. Следует отметить, что никакая автоматизация не может снизить конкретный вид потерь до нуля. Для некоторых видов потерь коэффициент сокращения \square_i может быть рассчитан достаточно точно (время загрузки-разгрузки), чаще используют экспертные оценки. Для приближенных оценок при отсутствии других соображений можно рекомендовать двухкратное сокращение конкретного вида потерь при автоматизации.

Для получения оптимального варианта автоматизации ГПС формируется совокупность возможных вариантов методом перебора состава функций. Следует учитывать, что таких вариантов может быть очень много, поэтому следует критически подходить к отбору перспективных функций АСУ

Ознакомиться с основными теоретическими положениями (п. 2) и примером выбора оптимального уровня автоматизации ГПС (п. 3).

Получить у преподавателя задание. Структура номера варианта для расчета состоит из 4 цифр (соответственно данные из таблиц П1–П4). Недостающие исходные данные можно принимать самостоятельно ориентируясь на пример расчета (п. 3). В связи с большим объемом расчетных работ целесообразно выполнять задание подгруппами из 2-3 студентов.

По результатам хронометража и исходным данным определить для базового варианта производительность Q_6 и основные виды потерь $\Sigma t_c, \Sigma t_{opz}, \Sigma t_{nep}$.

Составить перечень реализуемых функций АСУ ГПС. Функции *автоматического управления последовательностью работы основного технологического оборудования, хранение управляющих программ в памяти ЭВМ*, а также *автоматического регулирования процессов обработки* принять в безусловном порядке во всем вариантах. Из оставшихся отобрать не более 3-4 наиболее перспективных для автоматизации функции (иначе размерность и трудоемкость задачи значительно увеличится).

Проанализировать возможное улучшение параметров работы оборудования после его модернизации и встраивания в ГПС. Результаты свести в таблицу (табл. 2).

Сформировать совокупность технически целесообразных вариантов построения ГПС. По каждому варианту рассчитать его основные характеристики – $T, \Sigma t_{opz}, \Sigma t_{nep}, \gamma_L, \zeta, \varepsilon, \Phi_{min}$. Для наиболее развитого (по числу функций) варианта расчет параметров представить подробно, для остальных – свести в таблицу (табл. 3). Расчет ожидаемых капитальных затрат $K_{АСУ}$ произвести из следующих соображений:

стоимость капитальных затрат на создание АСУ ГПС принять для минимального уровня автоматизации (автоматизированы только функции автоматического управления последовательностью работы основного технологического оборудования, хранение управляющих программ в памяти ЭВМ, а также автоматического регулирования процессов обработки)

автоматизация других функций дополнительно увеличивает величину $K_{АСУ}$ (см. табл. 1).

Произвести отбор наиболее рационального варианта.
Оформить отчет по работе.

2.8.3 Результаты и выводы: Таким образом, мы закрепили полученные теоретические знания и практически ознакомить студентов со способами обоснованного выбора уровня автоматизации ГПС.