

Тема 5. СОЗДАНИЕ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ

5.1 Сущность и понятие гибких производственных систем.

5.2 CALS-технологии.

5.3 Виртуальное производство.

5.1. Сущность и понятие гибких производственных систем

Бурное развитие информатики и микропроцессорной техники подняло на принципиально новый уровень решение многих задач управления технологическими и производственными процессами. Тенденция перехода к автоматизированному производству затронула многие сферы хозяйства. В основе автоматизации процессов лежит частичное или полное отстранение человека от непосредственного участия в производственном процессе. В современных условиях прогрессивным может быть только такое производство, которое способно учитывать изменение спроса заказчиков и может быстро переходить на выпуск новой продукции. Развитие автоматизации на ранних этапах характеризовалось отсутствием мобильности, динамичности – создание жестких автоматических линий, предназначенных для массового производства (срок окупаемости таких линий составляет не менее 8–10 лет). Однако единичное и мелкосерийное производство оставались практически неавтоматизированными. Именно поэтому возникла принципиально новая концепция автоматизированного производства – гибкие производственные системы (ГПС).

Гибкая производственная система (ГПС) – отдельная единица технологического оборудования или совокупность таких единиц, а также систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме.

Преимущества ГПС:

- **увеличение производительности труда** в процессе изготовления единичной и мелкосерийной продукции благодаря более высокой загрузке оборудования;
- **сокращение времени производственного цикла** и быстрое реагирование на изменение требований заказчиков;

- **повышение качества продукции** за счет устранения ошибок и нарушений технологических режимов;
- **уменьшение капитальных вложений, площадей и численности обслуживающего персонала** прежде всего за счет трехсменного режима работы;
- **снижение объема незавершенного производства;**
- **повышение эффективности управления** за счет исключения человека из производственного процесса.

Под *гибкостью* производственной системы понимают ее способность быстро перестраиваться на обработку новых деталей в пределах, определяемых техническими возможностями оборудования и технологией обработки группы деталей.

Высокая степень гибкости обеспечивает более полное удовлетворение требований заказчика, оперативный переход к выпуску новой продукции, сохранение оправданного характера мелкосерийного производства, автоматизацию технологической подготовке производства на базе вычислительной техники, снижение затрат на незавершенное производство.

Гибкое автоматизированное производство должно обладать следующими *признаками*:

- гибкостью состояния системы, т. е. способностью хорошо функционировать при различных внешних (появление нового ассортимента изделий, изменение технологии и др.) и внутренних (сбои в системе управления станками, отклонения во времени и качестве обработки и т. д.) изменениях;
- гибкостью действия, т. е. обеспечением возможности легко включать в систему новые станки и инструменты для увеличения ее мощности в связи с увеличением объема производства;
- гибкостью системы группирования, т. е. возможностью расширения семейства обрабатываемых деталей;
- гибкостью технологии, определяющей способность системы учитывать изменения в составе выполнения технологических операций;
- гибкостью оборудования, которая характеризуется способностью системы справиться с переналадками в станках;
- гибкостью транспортной системы, выражающейся в бесперебойной и оптимальной загрузке металлорежущего оборудования по определенной, наперед заданной стратегии управления;
- гибкостью системы обеспечения инструментом;

- гибкостью системы управления, обеспечивающей наиболее рациональное построение маршрутов обработки и транспортных потоков с точки зрения различных критериев;
- организационной гибкостью производства, заключающаяся в возможности простого и незамедлительного перехода на обработку любой из освоенных системой деталей.

Эффективность ГПС складывается из **технической, организационной и экономической эффективности**

Технологическая и организационная эффективность ГПС оценивается:

- *коэффициентом использования инструмента*, содержащегося в накопителях и при станочных магазинах;
- *коэффициентом использования технических средств* ГПМ (гибкого производственного модуля), ГАЛ (гибкой автоматизированной линии) или ГАУ (гибкого автоматизированного участка);
- *коэффициентами сменности и загрузки оборудования;*
- *показателями надёжности ГПМ, ГАЛ или ГАУ.*

Экономическая эффективность применения ГПС в сравнении с эксплуатируемым оборудованием **оценивается:**

- **сокращением затрат на закупку оборудования** (экономия основных фондов на закупку оборудования) в связи с уменьшением его числа, так как в 2...3 раза повышается производительность оборудования и улучшается его использование;
- **сокращением затрат на строительство производственных площадей** под уменьшенное число оборудования;
- **экономией фонда заработной платы** в связи с сокращением (в два раза и более) состава производственного и обслуживающего персонала;
- **уменьшением вложений в оборотные фонды**, т.к. уменьшается производственный цикл изготовления продукции, необходимые запасы и т.д.

Производительность ГПС:

- часовая,
- суточная,
- по полному годовому фонду времени (учитывает возможности ГПС работать в малолюдном/безлюдном режиме. (годовой фонд времени 8760 ч.)

Фактический годовой фонд времени работы ГПС – определяется надежностью ее работы и суммарным объемом простоев всех видов в год.

При расчете производительности ГПС учитывают следующие **потери времени**:

- **цикловые потери рабочего времени** (*замена инструмента в шпинделе, ускоренный подвод и отвод инструмента, координатное перемещение стола и т.д.*);
- **простой по вине инструмента** (*замена инструмента из-за поломок, из-за затупления, регулировка без замены – при необходимости вмешательства оператора*);
- **простой по вине оборудования** (*регулировка и ремонт оборудования, отказ системы управления и т.д.*);
- **простой по организационным причинам** (*отсутствие электроэнергии, вспомогательных материалов и т.д.*);
- **простой, связанные с браком** (*брак предыдущих операций, брак материалов, выявленных во время обработки, брак обработки и т.д.*);
- **простой, связанные с переналадкой** (*замена оснастки, замена комплекта инструмента*).

По *организационной структуре* производства гибкие производственные системы подразделяются на **пять** уровней.

Первый уровень — гибкие производственные модули (ГПМ), являющиеся основой гибкого производства. Это ГПС, состоящая из единицы технологического оборудования с ЧПУ (числовым программным управлением), а так же устройство для передачи деталей и установления их на станки, смены и передачи инструментов, транспортно-накопительные и контрольно-измерительные устройства, устройства автономного управления и механизмы стыковки с другими модулями.

Второй уровень — гибкая автоматизированная линия (ГАЛ).

Это гибкая производственная система, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления.

Третий уровень — гибкий автоматизированный участок (ГАУ).

Это гибкая производственная система, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных АСУ (автоматизированная система управления), функционирующая по технологическому маршруту и предусматривающая возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Четвертый уровень — гибкий автоматизированный цех (ГАЦ).

Это гибкая производственная система в виде совокупности гибких автоматизированных линий или участков, предназначенная для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Пятый уровень — гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

Это гибкая производственная система, представляющая собой совокупность гибких автоматизированных цехов и предназначенная для выпуска готовых изделий. Гибкий автоматизированный завод может иметь в своем составе отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

Система ГПС включает в себя:

- *автоматизированное станочное оборудование;*
- *автоматизированную транспортно-загрузочную систему (АТЗС) – система взаимосвязанных автоматизированных транспортно-загрузочных устройств (промышленные роботы , манипуляторы, автооператоры) для загрузки и выгрузки станков*
- *автоматизированную транспортно-складскую систему (АТСС) – система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.*
- *автоматизированную систему инструментального обеспечения (АСИО) – система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструментов, их транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента;*
- *систему автоматизированного контроля (САК) – система, обеспечивающая автоматическое измерение параметров деталей в процессе производства. Выполняет различные контрольные операции по окончании обработки, т.е. осуществляет межоперационный и окончательный контроль.*
- *автоматизированную систему удаления отходов (АСУО);*
- *систему автоматизированного проектирования (САПР);*
- *автоматизированную систему технологической подготовки производства ТПП (АС ТПП);*
- *автоматизированную систему управления (АСУ).*

5.2. CALS-технологии

CALS-технологии (англ. *Continuous Acquisition and Life cycle Support* – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) – современный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоемкой продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия.

За счет непрерывной информационной поддержки обеспечиваются единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала. Информационная поддержка реализуется в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий) – русскоязычный аналог понятия CALS.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т. п. Предполагается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немислим вне технологий CALS.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно-автономными проектными студиями. Среди несомненных достижений CALS-технологий следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Построение открытых распределенных автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Главная проблема их построения – обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо

от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE-системы. Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация – адаптирована к разным производственным условиям, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства. Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

Автоматизация проектирования осуществляется **САПР** (система автоматизированного проектирования). Англоязычный вариант названия – **CAD**, то есть Computer Aided Design.

В САПР машиностроительных отраслей промышленности принято выделять системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или системами CAE (Computer Aided Engineering). Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (Computer Aided Design). Проектирование технологических процессов выполняется в автоматизированных системах технологической подготовки производства (АСТПП), входящих как составная часть в системы CAM (Computer Aided Manufacturing).

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM (Product Data Management). Системы PDM либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

На большинстве этапов жизненного цикла, начиная с определения предприятий-поставщиков исходных материалов и компонентов и кончая реализацией продукции, требуются услуги системы управления цепочками поставок — Supply Chain Management (SCM). Цепь поставок обычно определяют как совокупность стадий увеличения добавленной стоимости продукции при ее движении от компаний-поставщиков к компаниям-потребителям. Управление цепью поставок подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками. При планировании производства система SCM управляет стратегией позиционирования продукции. Если время производственного цикла меньше времени ожидания

заказчика на получение готовой продукции, то можно применять стратегию "изготовление на заказ". Иначе приходится использовать стратегию "изготовление на склад". При этом во время производственного цикла должно входить время на размещение и исполнение заказов на необходимые материалы и комплектующие на предприятиях-поставщиках.

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства автоматизированных систем, направлены на создание систем электронного бизнеса (E-commerce). Задачи, решаемые системами E-commerce, сводятся не только к организации на сайтах Internet витрин товаров и услуг. Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведет к минимизации времени и стоимости выполнения заказа. Координация работы многих предприятий-партнеров с использованием технологий Internet возлагается на системы E-commerce, называемые системами управления данными в интегрированном информационном пространстве CPC (Collaborative Product Commerce).

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему **PLM (Product Lifecycle Management)**. Под PLM понимают процесс управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла. Отметим, что понятие PLM-система трактуется двояко: либо как интегрированная совокупность автоматизированных систем CAE/CAD/CAM/PDM и ERP/CRM/SCM, либо как совокупность только средств информационной поддержки изделия и интегрирования автоматизированных систем предприятия, что практически совпадает с определением понятия CALS. Характерная особенность PLM — возможность поддержки взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

Одно из центральных мест в системе CALS-стандартов занимают стандарты, разработанные под эгидой Международной организации стандартизации ISO и получившие название STEP (Standard for Exchange of Product data) и номер 10303. Стандарты ISO 10303 определяют средства описания (моделирования) промышленных изделий на всех стадиях

жизненного цикла. Проект STEP развивается с середины 80-х годов прошлого века.

Для обеспечения информационной интеграции CALS использует стандарты IGES и STEP в качестве форматов данных. Формат IGES (Initial Graphics Exchange Specification), утвержденный в качестве стандарта в начале 80-х годов, был предшественником STEP, но он был ориентированным в основном на описание геометрических свойств изделий.

В CALS входят также стандарты электронного обмена данными, электронной технической документации и руководства для усовершенствования процессов.

Стратегия CALS предусматривает создание информационного пространства предприятия, позволяющего хранить информацию в электронном виде и выступающее как единый источник данных для всех участников жизненного цикла изделия.

CALS-метод определяет информационное пространство (ИП) предприятия как аккумулятор всей информации об изделии, как единственный источник данных о нем (прямой обмен данными между участниками ЖЦ исключен), сформированный на основе международных, государственных и отраслевых стандартов.

Стратегия CALS предполагает *два этапа* создания единого информационного пространства:

1. автоматизация отдельных процессов жизненного цикла изделия и представление данных о них в электронном виде согласно международным стандартам;
2. интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных в составе единого информационного пространства.

Для реализации стратегии CALS используются следующие *методы*:

- Технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов – методы реструктуризации функционирования предприятия. Эти технологии позволяют корректно перейти от бумажного к электронному документообороту и внедрить в процессе автоматизации новые методы разработки изделий (параллельное проектирование, междисциплинарные рабочие группы и т. п.).
- Технологии представления данных об изделии – методы стандартизированного представления в электронном виде данных, относящихся к отдельным процессам ЖЦ изделия. Технологии интеграции данных об изделии – методы интеграции автоматизированных процессов ЖЦ и относящихся к ним данных.

Для интеграции всех данных в рамках информационного пространства применяются *системы управления данными об изделии*. Их задача – аккумулировать всю информацию, создаваемую прикладными системами, в единую модель. Процесс взаимодействия этих систем и прикладных систем строится на основе стандартных *интерфейсов*, которые условно можно разделить на четыре группы:

1. Функциональные стандарты – отслеживают организационную процедуру взаимодействия компьютерных систем. Например, в стандарте IDEF (Integrate Computer Automated Manufacturing DEFinition – семейство методов и технологий для создания сложных систем и проектирования компьютерных систем), IDEF0 – моделирование функций.

2. Информационные стандарты – предлагают модель данных, используемую всеми участниками жизненного цикла. Например, ISO 10303 STEP.

3. Стандарты на программную архитектуру – задают архитектуру программных систем, необходимую для организации взаимодействия без участия человека. Например, COBRA.

4. Коммуникационные стандарты – указывают способ физической передачи данных по локальным и глобальным сетям. Например, интернет-стандарты.

CALS-методология независима от предметной области и активно применяется при создании сложной наукоемкой продукции как военного, так и гражданского назначения, срок жизни которой, с учетом различных модернизаций, составляет десятки лет. Как правило, она разрабатывается с привлечением многочисленных субподрядчиков, и философия CALS подразумевает прозрачные и легкие коммуникации исполнителей друг с другом и покупателями.

5.3. Виртуальное производство

Среди несомненных достижений CALS-технологии следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др. Разработчики и производители какой-либо продукции могут кооперироваться для того, чтобы вместе выполнить сложный проект или вывести на рынок новый продукт.

Внедрение CALS-технологии в деятельность предприятий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств. Виртуальное производство – это новый тип производства, не имеющего

фиксированной организационной и территориальной структуры, в которых процесс создания информации для программно управляемого технологического оборудования и самого изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организациями. Виртуальное предприятие – это форма объединения предприятий и организаций, участвующих в поддержке ЖЦ общего продукта и связанные общими бизнес-процессами на контрактной основе. На таких предприятиях процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими проектными студиями.

Технология «виртуальное предприятие» позволяет на контрактной основе быстро создавать временную организационную структуру, обеспечивающую изготовление конкретного изделия. Речь идет об интенсивном взаимодействии реально имеющих специалистов и подразделений различных предприятий в виртуальном пространстве с помощью новейших информационных и коммуникационных технологий. Это взаимодействие призвано повысить уровень кооперации и координации партнеров, а в конечном итоге, конкурентоспособность производимой ими продукции и, соответственно, прибыль. Предполагается высокая степень стандартизации и интеграции процессов управления самых разных организаций.

Виртуальное предприятие не ведает отраслевых или ведомственных барьеров. С включением заказчиков и подрядчиков в единую открытую организационную структуру границы между взаимодействующими предприятиями становятся весьма нечеткими, прозрачными и подвижными. Требуемый уровень партнерских отношений между поставщиками и клиентами возрастает: преуспевание одних есть необходимое условие преуспевания других. При этом предприятие имеет больше шансов остаться довольным своими поставщиками, если они будут активно участвовать в разработке новых продуктов, услуг и даже стратегий его деятельности.

После завершения работы «виртуальное предприятие» распадается. Одновременно одна организация может участвовать во многих «виртуальных предприятиях».

Главная *проблема* построения виртуальных производств – обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизованными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и использующих разные ИС.