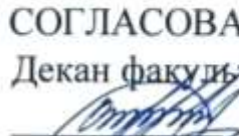


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
 С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
 С. Р. Онысько
«21» 05 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«РАЗВИТИЕ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

(название дисциплины)

для специальности

7-06-0714-02 Инновационные технологии в машиностроении

Составитель: Кудрицкий Ярослав Владимирович, старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

 решение 24/25-142

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины. «Развитие САПР технологических процессов» - прикладная инженерная дисциплина, в которой изучаются инструменты типовых программных модулей для автоматизации технологической подготовки производства в машиностроении.

Основным направлением в развитии современного машиностроения является сокращение времени производственного цикла, снижение материалоемкости с одновременным повышением качества выпускаемой продукции, что в совокупности позволит снизить издержки производства и уменьшить себестоимость изделий машиностроения. Достижение этих целей возможно при активном использовании систем автоматизированного проектирования, позволяющих значительно сократить сроки подготовки производства.

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является ознакомление магистрантов с этапами автоматизированного проектирования в машиностроении при использовании современных САПР. Изучение возможностей интеграции программных модулей CAD/CAPP/CAM.

Задачи дисциплины

Основной задачей изучения дисциплины «Развитие САПР технологических процессов» является повышение пользовательского уровня при работе с прикладными программами машиностроительного профиля. Овладение методиками автоматизированного проектирования в машиностроении. Умение выполнять типовые этапы конструкторской и технологической подготовки машиностроительного производства с помощью САПР.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного

процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы магистрантов специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении» дневной и заочной форм получения образования по изучению дисциплины «Развитие САПР технологических процессов».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Развитие САПР технологических процессов» для специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы магистрантов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура учебно-методического комплекса по дисциплине **«Развитие САПР технологических процессов»:**

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел ЭУМК содержит материалы для проведения лабораторных и практических учебных занятий в виде методических указаний для выполнения лабораторных и практических работ.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестаций (экзаменационные вопросы), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования, и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «Развитие САПР технологических процессов».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов, часть материала представляется с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора; при подготовке к экзамену, выполнению и защите лабораторно-практических работ магистранты могут использовать конспект лекций;

- лабораторные занятия проводятся в учебном классе, оборудованном компьютерами с использованием представленных в ЭУМК методических указаний, а также программных комплексов АСКОН (CAD-CAPP-CAM);

- экзамен проводится в письменном виде, и кроме теоретической части включает практическую задачу, связанную с частью технологической подготовки производственного процесса и выполняемую на компьютере, вопросы к экзамену приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Тема 1

САПР как объект проектирования. Общие понятия.

1. Проектирование – процесс создания в заданных условиях еще не существующего объекта. Процесс проектирования основан на изучении алгоритма работы интересующего нас объекта и составление описания его функционирования. Данный процесс включает комплекс исследовательских, расчетных и конструкторских работ.

Автоматизированное проектирование – реализуется в процессе взаимодействия (обычно в диалоговом режиме) пользователя и ЭВМ. Автоматизация проектирования основана на систематическом использовании средств вычислительной техники при рациональном распределении функций между проектировщиком и ЭВМ и обоснованном выборе методов машинного решения задач.

Рациональность распределения функций между проектировщиком и ЭВМ подразумевает, что человек должен решать в основном творческие задачи, а ЭВМ – задачи, допускающие формализованное описание в виде алгоритма.

Преимуществом машинных методов проектирования является возможность проведения экспериментов на математических моделях объектов. + Сокращение времени общего цикла проектирования.

Система автоматизированного проектирования – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с коллективом специалистов (пользователей системы). САПР объединяет технические средства, математическое, программное, методическое, информационное, лингвистическое и организационное обеспечения. Параметры и характеристики обеспечения САПР при этом выбираются с учетом конкретных особенностей и задач проектирования.

2. Термин «автоматизация проектирования» характеризует любую деятельность, в рамках которой ЭВМ выполняет трудоемкие расчеты, осуществляет организацию поиска и хранения информации, геометрическое моделирование и графическое отображение результатов, и др.

САПР – это разумное сочетание возможностей человека и ЭВМ, при этом пользователь выполняет не формальные операции, требующие определенных знаний и интеллектуальных способностей. А ЭВМ решает задачи, требующие высокой скорости вычислений, визуального отображения информации и запоминания больших объемов данных. Такое сочетание взаимодействий человека и ЭВМ значительно повышает эффективность проектирования.

3. При функционировании САПР создается впечатление, что решение конкретных задач проектирования выполняется только программным обеспечением, введенным в аппаратные средства ЭВМ. Но созданное разработчиками (ПО) – это переведенное на языки программирования математическое обеспечение: мат. Модели и алгоритмы. Кроме того, (ПО) как правило, взаимодействует с информационным обеспечением конкретной области проектирования, которое

многократно превышает размеры программных продуктов. Пользователь со своей стороны для полноценной работы в составе САПР должен освоить, по крайней мере, методическое и лингвистическое обеспечение, конкретной прикладной программы (системы).

4. Объектами проектирования может быть продукция производственно-технического назначения, т.е. средства производства – оборудование и оснастка; технологические процессы; здания и сооружения; транспортные средства; средства связи; выч. техника и др.

В процессе проектирования получают решения. Решение – это форма промежуточного или окончательного описания объекта проектирования.

Представление проектного решения в виде, соответствующем заданной форме, является проектным документом (документация).

Проектом называется совокупность проектных документов, соответствующих заданному перечню. • Проектирование по содержанию является процессом переработки определенного объема различной информации.

Входные данные процесса проектирования – это общий замысел (цель), а также совокупность условий и требований.

Выходные данные процесса проектирования – это такое описание объекта (информационная модель в виде схем, чертежей, диаграмм, спецификаций, таблиц и другой документации), которое необходимо и достаточно для материально-вещественного воплощения идеи проектирования в конкретный физический объект.

Таким образом, смысл и задача процесса проектирования, регулируемого в любой САПР, независимо от объекта проектирования, одни → получить в соответствии с замыслом такую информационную систему–модель, которая позволит создать систему–оригинал, полностью соответствующую замыслу.

5. В процессе проектирования с помощью САПР в качестве промежуточных или окончательных решений используются следующие модели:

- формы и геометрических параметров;
- структуры;
- временных и пространственно-временных отношений;
- функционирования;
- изменения состояния или значений свойств предмета;
- имитационные;

Модели формы и геометрических параметров – представляют собой плоские и объемные изобретения объектов проектирования, выполненные в соответствии с правилами ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП.

К моделям формы и геометрии также относят упрощенные схемы и графики.

Модели структуры – представляют собой кинематические, гидравлические, электрические, релейно-контактные и другие схемы.

Модели временных и пространственно-временных отношений, существующих между составными частями процесса функционирования изделия или какого-либо процесса – представляют собой циклограммы, сетевые графики и др.

Модели функционирования – это движущиеся схемы – изображения, например кинематические.

Модели состояний (или значений) – используются для получения решений проектно-конструкторских задач. Такие модели могут иметь табличный или аналитический (формульный вид). Эти модели применяются для анализа проектируемых систем.

Имитационные (статистические) модели – учитывают большую совокупность случайных факторов, и позволяют имитировать на ЭВМ многочисленные ситуации, в которых может оказаться проектируемый объект.

6. Процесс проектирования может быть описан схемой «процесс → процедура → операция».

- Операция – поиск промежуточного решения (например, нахождения элементарного технологического маршрута механической обработки).

- Процедура – это нахождение части общего решения. (например, формирование технологического маршрута обработки на основе элементарных технологических маршрутов).

Операции и процедуры представляют собой формализованные совокупности действий.

Формализация заключается в том, что используются либо арифметические, либо логические операции или их сочетание.

Арифметические – сложение, вычитание, умножение и деление, возведение в степень, получение целевого результата деления.

Логические – логическое отрицание (НЕ), логическое умножение (И); логическое сложение (ИЛИ); эквивалентность (ТОГДА И ТОЛЬКО ТОГДА, КОГДА); следование (ЕСЛИ; ТОГДА).

Совокупность программ выполнения операций, составляющих процедуру, образует пакет программ.

7. Основные принципы при создании САПР: системное единство; совместимость; типизация; развитие.

- Системное единство – обеспечивает целостность и системную «свежесть» проектирования отдельных объектов и всего объекта в целом.

- Совместимость – обеспечивает совместное функционирование отдельных частей САПР и сохраняет открытой систему в целом.

- Принцип развития – позволяет пополнять, совершенствовать, развивать и обновлять составные части САПР.

- Принцип типизации предусматривает разработку и использование типовых и унифицированных элементов. Типизируют элементы САПР, имеющие перспективу многократного использования.

! Важно отметить, что САПР является человеко-машинной системой. Роль инженера в САПР очень важна, так как ему приходится решать задачи, формализация которых ещё не достигнута, а также задачи, субъективное решение которых будет более эффективно, чем с помощью ЭВМ.

8. • САПР представляет собой иерархическую систему. Она реализует комплексный подход к автоматизации всех уровней проектирования.

Иерархия уровней проектирования отражается в структуре специального программного обеспечения в виде подсистем. Все подсистемы в САПР информационно-согласованные.

Программы, требующие для их согласования дополнительной ручной переработки или ряда преобразований в массивах данных, являются плохо согласованными (информационно).

Очень важно рационально организовать связь САПР с внешней средой, т.е. весь многократно используемый при проектировании массив, данный должен храниться в банке данных.

В САПР должны максимально использоваться унифицированные модули. (Но! Требования универсальности и эффективности часто противоречивы). Эффективность САПР прежде всего определяется временными и материальными затратами при решении проектных задач. Уменьшение данных затрат обеспечивается путем специализации САПР. Специализированные САПР строятся на основе максимального использования унифицированных составных частей. (Модулей)

Для современных САПР характерен ряд признаков:

1. Объектно-ориентированное взаимодействие человека и ЭВМ, т.е. проектировщик работает в режиме манипулирования объектом в реальном масштабе времени. Человек видит информационные объекты, получаемые посредством вывода информации, и воздействует на них посредством ввода информации.
2. Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных. БД – предусматривает единую унифицированную форму представления, хранения, поиска (информации) отображения, восстановления и защиты информации.
3. Безбумажный процесс обработки информации. На бумаге может фиксироваться только окончательный вариант документа.
4. Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога.

Тема 2

Состав и структура САПР

Составными структурными частями САПР являются подсистемы. В подсистемах посредством специализированных комплексов средств решается функционально-законченная задача, или последовательность задач САПР.

Независимо от назначения каждая САПР состоит из подсистем собственного проектирования и обслуживания. Подсистемы имеют различное назначение.

1. Проектирующие подсистемы – предназначены для выполнения процедур и операций получения новых данных. Они имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап проектирования (или группы взаимосвязанных проектных задач).

Примеры проектирующих подсистем: -

- а) эскизное проектирование изделия;
- б) проектирование отдельных деталей;
- в) проектирование технологических процессов и др.

2. Обслуживающие подсистемы – имеют общесистемное применение и служат для обеспечения функционирования подсистем собственного проектирования, а также для оформления передачи и вывода полученных в них результатов. Примеры обслуживающих подсистем:

- а) СУБД;
- б) подсистемы документирования;
- в) подсистемы графического ввода-вывода и др.

Формирование и использование моделей объекта проектирования в прикладных задачах выполняется **КСАП** (Комплекс средств автоматизированного проектирования).

- В общем случае **КСАП** – это совокупность различных видов обеспечения автоматизированного проектирования (АП). Пользователь воспринимает **КСАП** как систему с известными только входами и выходами (при этом структура и параметры системы остаются неизвестными). Пользователь общается с **КСАП** через средства ввода-вывода информационных потоков. Эти средства не дают представления о том, откуда и какая информация берется в **КСАП** и каким образом она перерабатывается.

- Структурными частями **КСАП** системы являются комплексы средств, а так же компоненты организационного обеспечения.

- Комплекс средств – совокупность компонентов, предназначенная для тиражирования и проектирования объектов определенного класса. **КС** направлены также на выполнение унифицированных процедур, и используются **КС** в соответствующих проектирующих и обслуживающих подсистемах САПР.

Комплексы средств относят к промышленным изделиям, подлежащих изготовлению, тиражированию и использованию в составе САПР.

- Комплексы средств подразделяют по видам: технического, программного, информационного. А также бывают комбинированные.

Комбинированные **КСАП**: программно-методические, программно-методические, программно-технические (ПТК).

ПМК – (программно-методические комплексы) – совокупность взаимосвязанных компонентов программного, информационного и методического обеспечения (+ компоненты математического и лингвистического обеспечения) предназначенная для выработки законченного проектного решения по объекту проектирования. ПМК также предназначены для выполнения унифицированных процедур. ПМК имеют различное служебное назначение. В зависимости от назначения ПМК подразделяют: проблемно-ориентированные и объектно-ориентированные.

- Проблемно-ориентированные ПМК – могут состоять из программных средств, служащих для:

- а) автоматизированного упорядочения данных;
- б) автоматизированного упорядочения требований и ограничений к объекту проектирования;
- в) для автоматизированного выбора физического принципа действия объекта; г) для автоматизированной оценки показателей качества;
- д) для автоматизированной оценки конструкций (технологичности);
- е) для проектирования маршрута обработки.

- Объектно-ориентированные ПМК – отражают особенности объектов проектирования. Это комплексы, поддерживающие автоматизированное проектирование а) сборочных единиц, б) деталей; (на основе стандартных и типовых разработок), а в) также технологических процессов по видам обработки.

- **ПТК** - (программно-технические комплексы) – совокупность взаимосвязанных ПМК с комплексами или компонентами технического обеспечения. В зависимости от назначения ПТК подразделяют на автоматизированные рабочие места (**АРМ**) и центральные вычислительные комплексы (**ЦВК**).

- Структурные части комплексов средств – это компоненты 7-и видов обеспечения: а) математического, б) программного, в) информационного, г) технического, д) лингвистического, е) методического, и) организационного. Эти компоненты выполняют заданную функцию и являются наименьшими неделимыми (разработанными самостоятельно или покупными) элементами САПР. К ним можно отнести, например, программу, инструкцию, дисплей и т.д.

- Общесистемные ПМК состоят из программного, информационного, методического и др. видов обеспечения. Они предназначены для реализации функций, которые являются общими для подсистем или САПР в целом. К таким функциям относятся: выполнение процедур по управлению, планированию, контролю вычислительного процесса, распределение ресурсов САПР (и др.)

К общесистемным ПМК относят: мониторные системы управления, системы управления базой данных (СУБД), информационно-поисковые системы, средства машинной графики, подсистемы обеспечения диалогового режима.

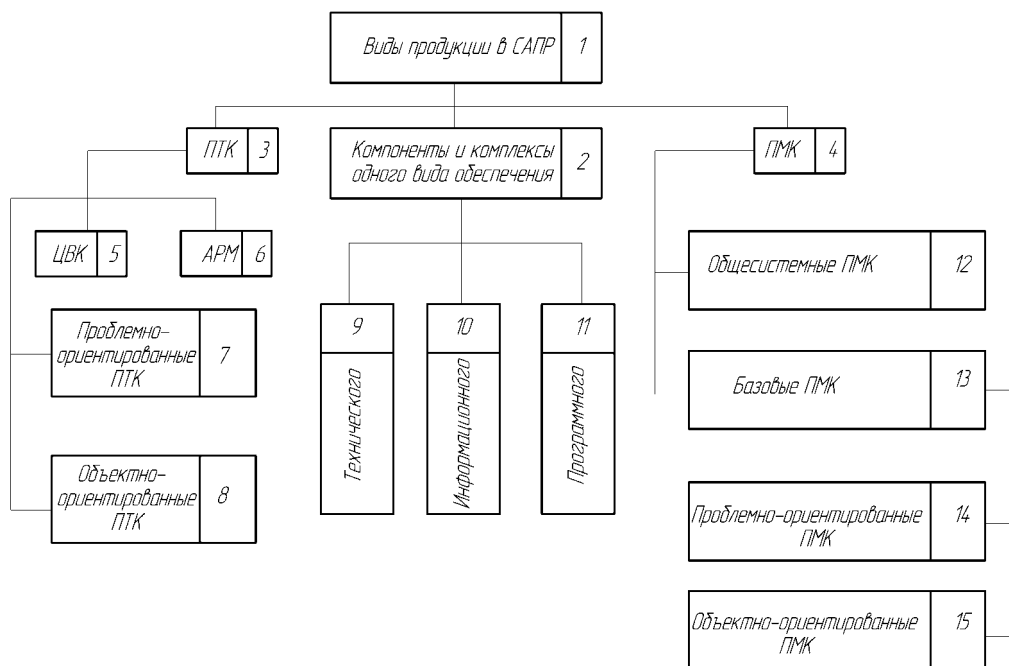


Рисунок 1 – Виды комплексов и компонентов САПР

- Мониторные системы управления функционированием технических средств.
 - эти системы выполняют следующие основные функции: формирование заданий с контролем пакета задач, а также формирование права доступа к базе данных с установлением приоритета и номера очереди;
 - б) обработка директив языков управления заданиями и задачами;
 - в) обслуживание потоков задач с организацией диалогового интерактивнографического сопровождения при параллельной работе подсистем;
 - г) управление проектированием в автоматических режимах с контролем качества выполнения проектных операций (например, выбор альтернативных вариантов маршрута);
 - д) оптимизация эксплуатации САПР;
 - е) распределение ресурсов САПР с учетом приоритетов потоков информации и подсистем;
 - ж) защита ресурсов САПР от непредусмотренных воздействий.
 - Информационно-поисковые системы САПР – выполняют следующие основные функции:
 - а) заполнение сведениями информационного фонда (инфотеки);
 - б) лексическая обработка текстов и арифметическая обработка цифровых данных;
 - в) обработка информационных запросов для поиска необходимых сведений;
 - г) обработка входных данных и формирование выходных документов.
- Запросы к **ИПС** формируются непосредственно пользователем на естественном языке (с помощью ключевых слов «дискрипторов»).
- Наиболее высоким уровнем организации информации в САПР являются автоматизированные банки данных (на основе проблемноориентированных систем обработки информации, включающих **БД**).
- Система управления базами данных (СУБД).

- СУБД являются программно-методическим комплексом (ПМК), и обеспечивает работу с информационной базой данных. При этом БД организована в виде определенной структуры. Основные функции СУБД:

- а) определение баз данных (БД) (т. е. концептуальное описание внешнего и внутреннего уровня схем);
- б) запись данных в БД;
- в) организация хранения данных с их изменением, заполнением и реорганизацией;
- г) поиск и выдача данных.

СУБД обладает языковыми средствами, обеспечивающими поиск данных и доступ к ним. Определение данных заключается в описании их структур с помощью языка определения данных.

Функции доступа к данным реализуются с помощью языка манипулирования и языка запроса.

По типу поддерживаемых структур СУБД подразделяют на а) иерархические; б) сетевые; в) реляционные.

- ПМК машинной графики

Данные комплексы служат для обеспечения взаимодействия пользователя с ЭВМ при обмене графической информацией, при решении геометрических задач, формировании изображений и автоматической разработке графической информации.

Взаимодействие пользователя и ЭВМ при обмене графической информацией основано на использовании подпрограмм ввода-вывода, обеспечивающих прием и обработку команд от устройства «ввода-вывода», а также формирование и выдачи управляющих команд на эти устройства.

- В ПМК машинной графики осуществляется преобразование математической модели объекта проектирования в графическое изображение. Также выполняются элементарные графические операции (сдвиг, поворот, масштабирование и др.). В ПМК машинной графики имеются средства для формирования часто используемых изобретений, управления графической базой данных, коррекции графических подпрограмм.

- ПМК диалогового режима. ПМК диалогового режима осуществляет: а) ввод и вывод информации на диалоговый терминал (в виде буквенного или графического дисплея);

- б) выдачу пользователю справок, инструкций и сообщений; в) регистрацию процесса диалога и управления им; г) редактирование данных и манипулирование ими.

В САПР могут применяться диалоговые ПМК общего назначения и специализированные диалоговые ПМК.

ПМК общего назначения – целесообразно использовать на начальных стадиях создания и эксплуатации САПР для обработки методологии проектирования.

Затем ПМК может быть модифицирован по организации диалога с САПР.

- Вычислительные сети.

Информационные и вычислительные ресурсы КСАП (комплекс средств) могут объединяться в локальные вычислительные сети подсистемы или системы.

Локальные вычислительные сети представляют собой территориально-рассредоточенные (до 10 км) многомашинные системы сбора, хранения и переработки информации. Их строят по иерархическому принципу (обычно двух-трех уровней).

Верхние уровни – это компоненты ЦВК с мощными ЭВМ и разнообразной периферией. (крупноформатная графика; средства эл. почты; аппараты дальней связи; принтеры и др.).

Нижний уровень – обеспечивает связь пользователей с ЭВМ верхнего уровня. Это рабочие места с терминалами (называются рабочими станциями данной вычислительной сети).

Тема 3

Виды обеспечения САПР

- Математическое обеспечение

Наиболее сложный этап создания САПР – это разработка мат. обеспечения.

МО базируется на алгоритмах, по которым разрабатывается программное обеспечение САПР.

МО САПР включает разнообразные элементы, среди которых есть инвариантные, т.е. – принципы разработки функциональных моделей, методы численного решения уравнений, поиск экстремума.

По назначению и способам реализации МО САПР подразделяются на две части:

- а) математические методы и построение на их основе математических моделей объекта проектирования;
- б) формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

- Информационное обеспечение САПР

Основа (**ИО**) – это данные, которые используют проектировщики для выработки проектных решений. Совокупность данных для всех компонентов САПР составляет информационный фонд.

Данные могут быть представлены на различных носителях в виде документов, содержащих справочную информацию о материалах, оборудовании, типовых проектных решениях и др.

Вся информация, используемая в САПР, находится в базе данных (**БД**).

- БД создается на основе единой системы классификации, кодирования и централизации.

- Информация в БД САПР подразделяется:

- а) декларативная – например, описание типовых поверхностей, форм и деталей; типовых техпроцессов обработки;
- б) процедурная – например, процедуры формирования технологических маршрутов обработки и сборки.

- Декларативная информация может быть статической или динамической. Статическая изменяется крайне редко. Динамическая информация переходит в статическую в случае, когда САПР запрограммирована на постоянное пополнение своей БД.

В БД в общем случае формируется следующая информация:

- а) директивная → представляет собой задание на проектирование; а также стандарты ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП, руководящие материалы и документы; стандарты предприятия,
- б) нормативная – классификаторы; правила кодирования и декорирования; методы расчета и конструирования, анализа и синтеза; методы моделирования и др.
- в) фактографическая информация → количественные и не количественные справочники; каталоги и паспортные данные; типовые решения; прототипы и аналоги.

- Программное обеспечение САПР – совокупность машинных программ и сопутствующих эксплуатационных документов.

Пакеты прикладных программ – совокупность машинных программ для выполнения какой-либо машинной процедуры.

Операционная система (ОС) – часть (ПО), предназначенная для управления процессом переработки информации на ЭВМ.

(ПО) подразделяется:

- а) общесистемное;
- б) прикладное (специальное).

Общесистемное (ПО) – предназначено для организации функционирования технических средств. (В настоящее время возможности технических средств в значительной степени определяются их ОС).

ОС выполняют организацию одновременного решения на ЭВМ различных задач, распределение каналов передачи данных, планирования потоков задач и последовательность их решения.

Для работы (ОС) требуются различные ресурсы: процессор, внешняя и основная память. Ресурсы определяют возможности (ОС).

Прикладное (ПО) – предназначено для выполнения автоматизированного проектирования в конкретной области задач.

Прикладное ПО, как правило, имеет форму ППП (прикладных программных пакетов). Каждый пакет прикладных программ имеет четкую профессиональную направленность и обслуживает определенный этап процесса проектирования (или группу задач внутри определенного этапа).

Общие требования к программам, входящим в состав (ПО):

- 1) должны обеспечивать экономичность использования ресурсов ЭВМ (т.е., памяти и времени работы процессора); и быть максимально эффективными для решения определенных задач;
- 2) обладать надежностью;
- 3) обладать структурностью и модульностью (т.е. – возможностью разделения сложной задачи на более простые, причем для каждой простой задачи будет соответствовать определенный программный модуль;
- 4) должны допускать модифицируемость, (т.е., вносимые в программы изменения должны только улучшать качество программы);
- 5) допускать переносимость на новые виды вычислительной техники;
- 6) быть согласованными (т.е., данные двух и более программ должны входить в числовые массивы, не требующие коррекций при переходе от одной программы к другой;
- 7) быть удобными для пользователя.

• Лингвистическое обеспечение САПР - совокупность языков заданной формы, необходимая для автоматизированного проектирования. (включая термины, определения, правила формализации языка, методы сжатия и развертывания текстов). Языки, которые используются в вычислительной технике, являются алгоритмическими. Они служат для задания определенных алгоритмов

переработки информации, и состоят из набора символов и правил соответствующего языка.

В САПР применяют языки программирования и языки общения с пользователем.

Языки программирования – предназначены для составления программ, входящих в состав общественного или прикладного ПО.

Языки программирования подразделяют: языки низкого и высокого уровней.

Языки низкого уровня – машинные языки, операторы которых состоят из машинных команд; а также ассемблеры, т.е., языки для символического кодирования машинных команд.

Языки высокого уровня – (не предполагают знания пользователем машинного языка) → не связаны с определенным типом ЭВМ, поэтому возможен перевод программ с одной ЭВМ на другую. Одна команда языка высокого уровня переводится на несколько команд машинного кода. (К таким языкам относят алгоритмические языки программирования Фортран; ПЛ/1; БЕЙСИК; КОБОЛ; АЛГОЛ; ПАСКАЛЬ; АПЛ).

Входной язык САПР – это проблемноориентированный язык, предназначенный для использования в диалоговом режиме. (Обычно (**ПОЯ**) строят так, чтобы описание любой задачи включало в основном спец. термины физического и функционального содержания. Переход от физического или функционального описания какой-либо задачи к программам для ЭВМ выполняется автоматически с помощью транслятора).

С помощью входного **ПОЯ** можно:

- 1) описать совокупность констатирующих и ограничивающих условий, образующих «модель входа»;
- 2) описать объекты, рассматриваемые при проектировании (как выбираемые факторы);
- 3) выполнить описание для получения решения.

Первые два условия определяют **ПОЯ** как язык описания объекта, а третье – как язык описания задания.

Основные требования к входным языкам САПР:

- 1) Полно описывать любые объекты, на проектирование которых направлена данная САПР;
- 2) Иметь удобный алфавит и синтаксис текста;
- 3) Обеспечивать лаконичность записи;
- 4) обеспечивать однозначность интерпретирования и толкования всех текстовых и графических построений;
- 5) Допускать возможность развития и корректировки языка.

Лингвистическое обеспечение диалоговых САПР основывается на естественных языках (наиболее распространен английский).

- Техническое обеспечение САПР – доля ЭВМ в процессе проектирования в среднем составляет 15-20%. Поэтому создаются специальные средства САПР, составляющие техническое обеспечение системы.

(ТО) САПР представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств (компонентов), служащих для автоматизированного проектирования. При этом каждое техническое средство выполняет определенную функцию проектирования.

Технические средства САПР классифицирует:

- 1) Средства подготовки и ввода данных – предназначены для автоматической подготовки, кодирования, визуального контроля и редактирования вводимой в ЭВМ буквенно-цифровой и графической информации; а также для записи информации на различные носители;
- 2) Средства передачи данных – обеспечивают дистанционную связь технических средств по различным каналам связи;
- 3) Средства программной обработки данных – осуществляют прием цифровых данных, их обработку, накопление и вывод на носители, устройства отображения и в каналы связи;
- 4) Средства отображения данных – оперативно представляют информацию либо на дисплей, либо на бумажные носители (плоттерами и принтерами). А также устройства для получения микрофиш и твердых копий.
- 5) Средства ведения архива проектных решений – выполняют хранение, контроль, восстановление и размножение данных о проектных решениях.

- Методическое обеспечение САПР – совокупность документов, устанавливающих состав, правила выбора и эксплуатации средств САПР.

- Организационное обеспечение САПР – совокупность документов, устанавливающих структуру и функции предприятий и организаций, взаимодействующих с САПР. (ОО) определяет порядок ведения документации. Организационное обеспечение САПР содержит различные положения, инструкции, приказы, требования и другие документы.

Все компоненты САПР должны быть взаимосвязаны и функционально взаимодействовать.

Тема 4

Классификация САПР

Цель классификации: 1) Для составления укрупненного формализованного описания САПР;
2) для обозначения САПР (по признаку принадлежности к определенной отрасли промышленности);
3) Для определения уровня автоматизации САПР;
4) Для задания условий создания технически обоснованных норм обеспечения САПР (специалистами; техническими средствами; информацией; энергией и т.д.).

• Признаки характеризующие САПР

К признакам, характеризующим САПР относят: тип; разновидность; сложность объекта проектирования (например уровень, комплектность автоматизации проектирования); характер и число выпускаемых проектных документов; число уровней в структуре технического обеспечения САПР.

• Тип объекта проектирования (9 групп)

- 1) для изделий машиностроения;
- 2) для приборостроения;
- 3) для технологических процессов (машино- и приборостроения);
- 4) для объектов строительства;
- 5) для технологических процессов в строительстве;
- 6) для программных изделий;
- 7) организационных систем;
- 8,9) – резервные группы.

• Разновидность объектов проектирования

Обозначение по данному признаку классификации выполняется согласно действующей в каждой отрасли системе.

• Сложность объекта проектирования

- Различают: 1) САПР простых объектов, с числом составных частей до 10^2 ;
- 2) САПР объектов средней сложности ($10^2 \dots 10^3$);
 - 3) САПР сложных объектов (число частей $10^3 \dots 10^4$);
 - 4) очень сложных объектов ($10^4 \dots 10^5$);
 - 5).суперсложных $> 10^6$.

- Составная часть объекта преобразования – это деталь, Если объектом проектирования является технологический процесс, то составными частями можно считать элементарные технологические операции.

• Уровень автоматизации проектирования

- 1) Низкоавтоматизированные САПР (до 25% проектных процедур);
- 2) Среднеавтоматизированные (25-50%);
- 3) Высокоавтоматизированные (> 50%);

• Комплектность проектирования

- 1) Одноэтажные;
- 2) Многоэтажные;
- 3) Комплексные

Если автоматизирован какой-либо один этап проектирования, САПР относят к первой группе. Если больше – 2; если все – 3.

• Выпускаемые проектные документы

- 1) на бумаге; 2) на фотоносителях; 4) комбинированные; 5) резервная группа.

• Число проектных документов

Число выпускаемых проектных документов характеризует производительность САПР.

Различают САПР: 1) низкой; 2) средней; 3) высокой производительности.

• Число уровней в структуре технологического обеспечения

- 1) Одноуровневые КТС (комплексы технических средств) – это ЭВМ средней или высокой производительности + штатный набор периферийных устройств. В этих ЭВМ осуществляется программная обработка данных и их хранение. (ЦВК + мини-ЭВМ + АРМ).
- 2) Второй уровень организуется для выполнения более простых задач и процедур;
- 3) Трёхуровневые САПР, кроме технических средств двухуровневой системы, имеет периферийное программно-управляемое оборудование (комплекс для контроля управляющих программ к станкам с ЧПУ; чертежные автоматы; установки для изготовления фотошаблонов).

• По ориентированности проектирования САПР разделяются:

1. САПР конструирования изделий;
2. САПР технологии изготовления изделий;

• САПР конструирования – CAD (Computer Aided Design) – для объемного и плоского геометрического моделирования; инженерного анализа и оценки проектных решений, а также для получения чертежей. Иногда исследовательский этап выделяется в самостоятельную автоматизированную систему – CAE (Computer Aided Engineering)

• САПР технологии изготовления – (Автоматизированные системы технологической подготовки производства) или CAPP (Computer Automated Process Planning) – выполняют разработку технологических процессов; технологической оснастки; управляющих программ для станков с ЧПУ.

Задача CAPP → разработка технологической документации (маршрутной и операционной).

- Сюда входят (+ в виде отдельных модулей) – программы для более конкретного описания обработки на станках с ЧПУ (в виде УП) – эти модули называются CAM (Computer Aided Manufacturing).
- Как разновидность → система производственного планирования и управления PPS (Production Planning System) (Российская аббревиатура АСУП).
- Система управления качеством CAQ (Computer Aided Quality Control);

Системы CAD и CAM могут быть не связаны, при этом экономический эффект также возрастает. Но наиболее эффективно эти системы используются при их интеграции посредством CAPP (Computer Automated Process Planning) (или АСТПП).

Как вариант интеграции САПР – объединение системы CAD и системы PPS. Для современных САПР характерна полная интеграция всех подсистем и модулей (CIM Computer Integrated Manufacturing).

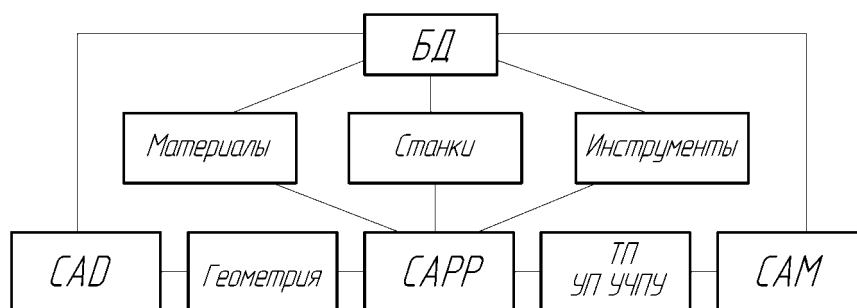


Рисунок 2 – Вариант интеграции различных модулей САПР.

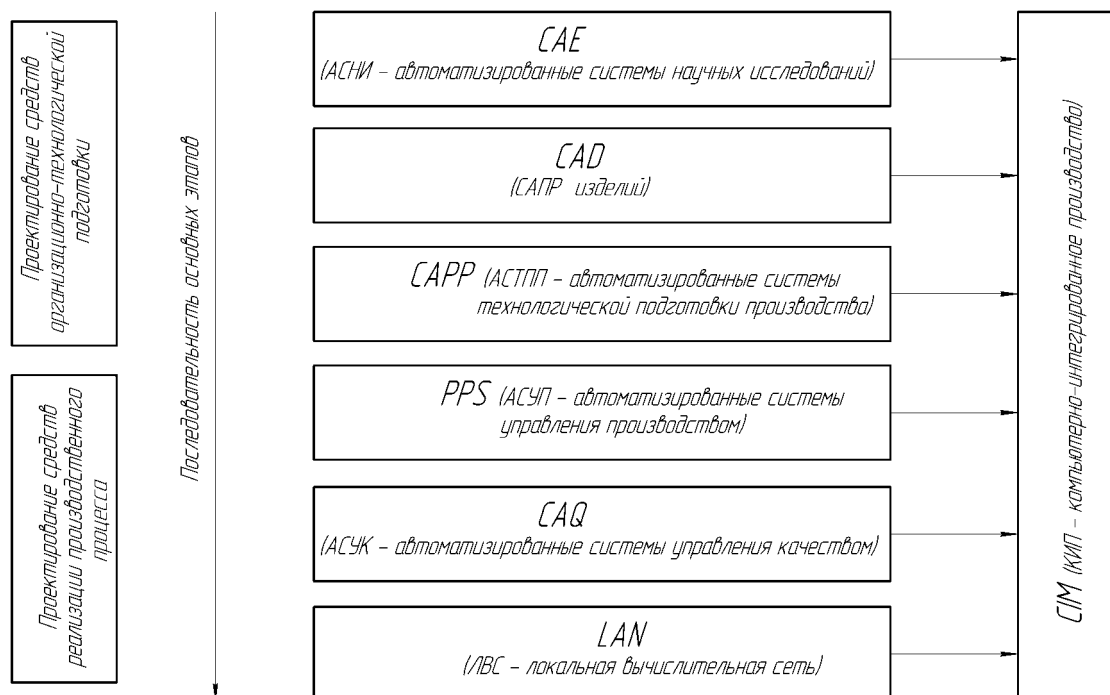


Рисунок 3 – Схема полной интеграции подсистем и модулей САПР.

Тема 5

Формализация процесса проектирования

5.1 Иерархия процесса проектирования

Понятия:

- Модель входа → общий замысел проектирования, в котором дано описание желательного результата (или общей цели проектирования).
- Модель выхода обычно представляет собой определенный набор условий → начальных, граничных, конечных. Все данные в модели выхода принимаются в качестве исходных, и в процессе получения решения не корректируются.

Процесс проектирования строится по блочно-иерархическому принципу, т.е. проектируемый объект (система) разделяется на уровни.

- На высшем уровне используется описание объекта с низкой степенью детализации. Чем ниже уровень, тем выше степень детализации. (В данном случае, проектируемую систему рассматривают отдельными блоками).

В результате такого разделения сложная проектная задача разделяется на группу простых задач малой размерности. При этом, решения простых задач могут выполняться как последовательно, так и параллельно.

- Горизонтальные уровни (уровни абстрагирования) → иерархические уровни, с разной степенью детализации свойств объекта проектирования. На горизонтальных уровнях имеются группы задач различной направленности.
- Вертикальными уровнями проектирования (или аспекты проектирования) → задачи различной направленности в пределах горизонтальных уровней, совместно с обеспечением их решения (т.е. моделями, методами, формами документов и т.д.).

- Основные аспекты проектирования:

1. Функциональный аспект – отображает принципы функционирования объекта, а также характер протекающих в нем физических и информационных процессов. Этот аспект отображается в принципиальных, функциональных, структурных, кинематических схемах и сопровождающих документах.
2. Конструкторский аспект – реализует результаты функционального проектирования. Этот аспект определяет геометрические формы, размеры объектов, их взаимное расположение.
3. Технологический аспект – реализует результаты конструкторского проектирования, и связан с описание определенных методов и средств изготовления объектов.

Как отмечалось ранее, процесс проектирования делят на стадии. Этапы, проектные процедуры и операции.

- Этап проектирования – часть процесса, включающая формирование всех необходимых описаний объекта. (Этап может охватывать один или несколько горизонтальных уровней и аспектов).

- Процедура – составная часть этапа. Каждой процедуре соответствует определенная задача проектирования. Примеры процедур: выбор типовой детали; расчет припусков и предельных отклонений размеров; оформление чертежа детали и т.д.
- Операция – составная часть процедуры. Пример операции: решение системы уравнений, выполнение графических построений элементов, и др.

5.2. Организация процесса проектирования

Содержание и сложность процесса проектирования зависят от конкретного объекта, структуры проектной организации и вида проекта (типовой или оригинальный).

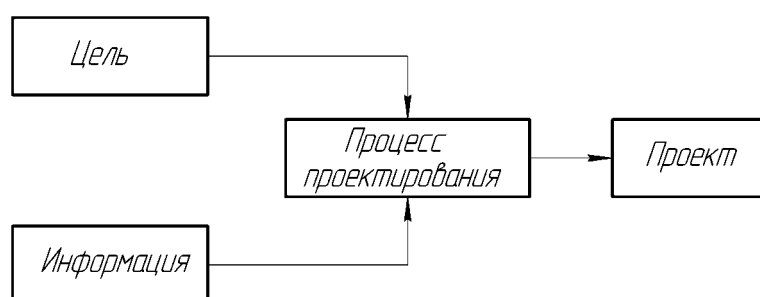


Рисунок 3 – Общая схема модели проектирования

Данная схема предполагает неизменность цели проектирования; наличие определенной информации и возможности её задокументировать. Более детальная схема процесса проектирования показана на рисунке 4.

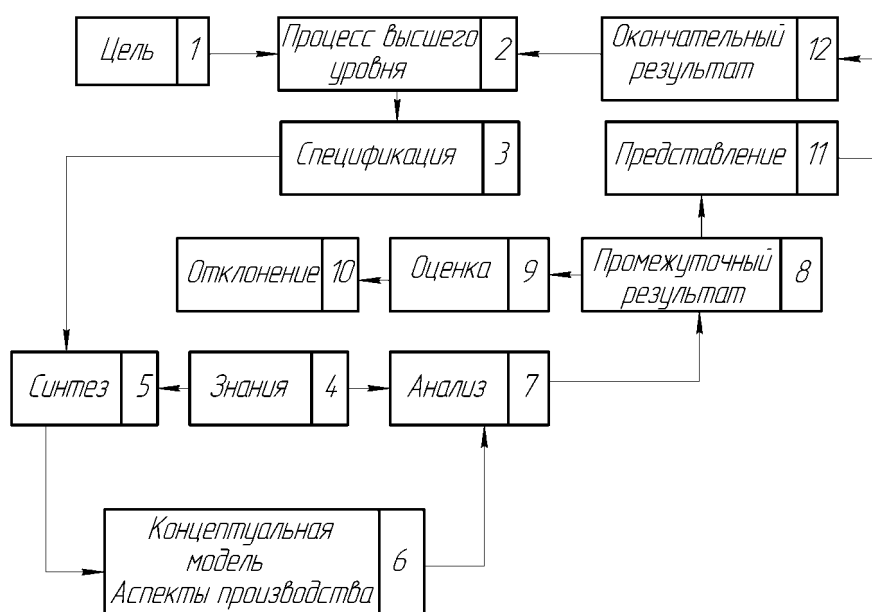


Рисунок 4 – Подробная модель процесса проектирования.

Любой процесс проектирования может устанавливать логическую связь с любым процессом среды проектирования и запрашивать разработку нового подчиненного процесса. Сетевая модель процесса со структурными уровнями показана на рисунке 5.

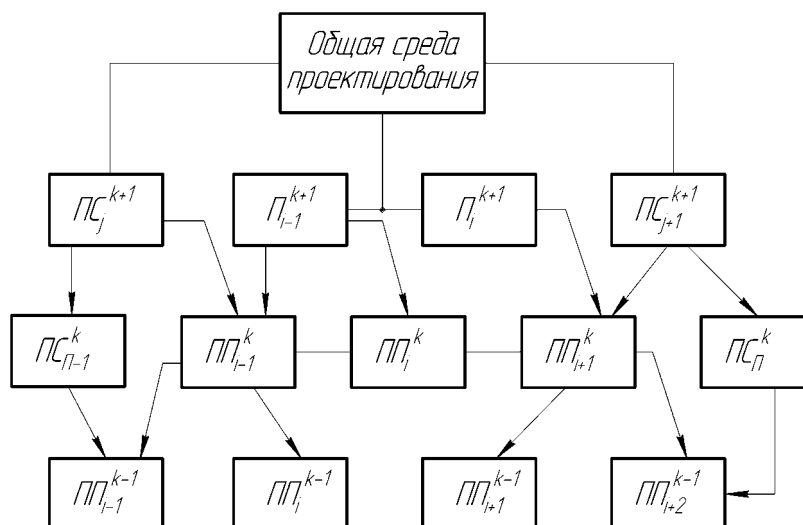


Рисунок 5 – Сетевая модель процесса проектирования. Π_{i+1}^k – процесс;
 Π_{Π}^{k+1} – процесс среды проектирования; $\Pi\Pi_i^{k-1}$ – подпроцесс.

По данной схеме – процесс k -го уровня Π_{i+1}^k не информирован о наличии другого процесса Π_i^k .

- Для повышения производительности процесса каждому отдельному процессу проектирования (или подпроцессу) обеспечивается доступ к знаниям о процессах среды проектирования того же уровня. Т.е., при такой организации каждый отдельный процесс является самодостаточным, и его можно рассматривать без остальных процессов системы.

5.3 Схема процесса проектирования

В САПР должны быть заданы все возможные (альтернативы (варианты)) Последовательности проектных процедур. Эти альтернативные варианты должны быть представлены в виде линейной последовательности.

Последовательность действий при проектировании можно представить в виде схемы:

$$I^0_{\Pi}, (i = 1), \downarrow^1 P_c, I^i_{k \cdot c}, P^i_{ш}, I^i_{ш}, P^i_M, I^i_{\Pi} (i := i + 1) \uparrow^1$$

где I – информационные множества;

P – преобразования в процессе выполнения проектирования.

$I_{ш}$ – информационные множества о шаблоне.

I_{Π} – информационные множества о подпроекте.

- Шаблон подпроекта – ряд вопросов, требующих ответа на данном шаге проектирования.

- Подпроект – ряд ответов на вопросы шаблона.

Формирование проекта на основе заданного шаблона выполняется посредством методики P_M (P_M закреплена за шаблоном).

Шаблон составляется так, чтобы существовала методика P_M для его решения.

После формирования подпроекта, $(Ш + P_M) \rightarrow$ его часть поступает на более высокий уровень (т.е. в проект)

- Подпроект на своем уровне служит также для создания очередного шаблона с методикой его решения $P_{Ш}$.

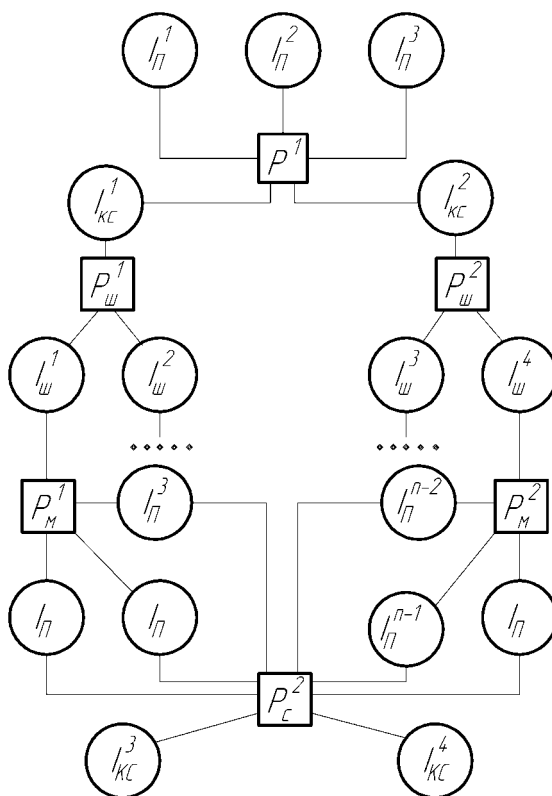


Рисунок 6 – Технологическая схема проектирования (вариант)

$I_{Ш}$; $I_{П}$ – информационные множества о шаблоне и подпроекте ($I_{П}$ могут быть созданы одинаковыми шаблонами);

$P_{Ш}$ – шаблоны (множество действий);

P_C – отдельные действия в пределах шаблона;

$I_{КС}$ – класс состояния (ситуация); для каждого $I_{КС}$ используется своя методологическая операция. P_C предназначены для определения класса $I_{КС}$ (т.е. процедуры распознавания ситуации).

После операции P_C дерево проектирования уменьшается.

По вышеприведённому принципу построения САПР должна иметь:

1. средства анализа;
- 2) способы или рекомендации выполнения проектных преобразований;
- 3) пакеты программ для реализации частных задач;
- 4) сценарий общей технологической схемы проектирования;
- 5) банк данных для всех уровней проектирования;
- 6) диалоговую систему организации общего

сценария проектирования и частных задач; 7) монитор организации параллельных процессов проектирования; 8) базу данных различных проектов.

Одной из основных задач в операции процесса проектирования является разделение исходной проблемы на ряд частных более мелких задач. С этой целью необходимо:

- 1) Построить граф, вершины которого отображают формирование и анализ решений по отдельным компонентам системы, а дуги – информацию и последовательность общесистемного проектирования во времени;
- 2) Сформулировать задачи принятия решения по отдельным компонентам системы, а также выявить частные цели и условия, позволяющие согласовать постановку задач на разных уровнях проектирования (т.е. проход по графу сверху вниз).
- 3) Решить указанные задачи (проход по графу снизу вверх).

5.4 Проектирование аппаратно-программного комплекса ИВС (информационно-вычислительной системы)

Методическая схема общесистемного проектирования аппаратно-программного комплекса ИВС – это алгоритм проектирования.

Алгоритм проектирования разрабатывается на основе предварительного анализа АПК.

- Цель анализа → уменьшить до необходимого минимума количество базовых проектных процедур.
- Методическая схема разделяется на уровни детализации.

1. Первый уровень – отображает основные этапы процесса проектирования (АПК) и его содержание. Он включает структурные блоки системы и связи между ними. Этим блокам соответствуют определенные предметные области диалога пользователя и ЭВМ.

2. Второй уровень - раскрывает содержание проектных процедур первого уровня для каждого из блоков. Для этого определяется: а) состав вопросов и задач; б) последовательность выполнения и условия перехода от одной проектной процедуры к другой; в) альтернативные пути развития процесса проектирования.

3. Третий уровень – является подробным человеко-машинным сценарием процесса общесистемного проектирования. Этот уровень предназначен для создания алгоритмов диалога между пользователем и ЭВМ в конкретных областях общесистемного проектирования.

5.5 Системотехническая деятельность при создании САПР

- Работоспособность САПР заключается: 1) в совместимости составляющих её подсистем низшего уровня между собой с подсистемой;
2) в функциональности; (т.е. в способности выполнять те функции, которые сформулированы в предпроектных исследованиях и зафиксированы в техническом задании).
- Качество функционирования САПР определяется комплексом свойств, способных обеспечить достижение требуемого результата в определенных условиях функционирования.
- Эффективность САПР определяется сравнением результатов её функционирования и затрат всех ресурсов на её создание и эксплуатацию.

- Понятие «метасистема».

Проектная организация, осуществляющая процесс проектирования, по отношению к проектируемой САПР, является метасистемой.

Функциональное назначение метасистемы:

1. Обеспечение жизненного цикла сложной САПР;
2. Проектирование САПР;
3. Изготовление САПР;
4. Настройка САПР;
5. Эксплуатация САПР;
6. Развитие САПР;
7. Модернизация.

Две основные задачи обеспечивающие работоспособность метасистем:

- 1) Представление результатов предшествующих этапов проектирования.
- 2) Обеспечение взаимодействия коллективов разработчиков для создания единого согласованного проекта.

При разработке САПР учитывается её сложность и длительность этапа разработки (обычно 3-5 лет). Это время соизмеримо с временем: 1) развития системы и метасистемы; 2) моральным старением уже готовых компонентов. Поэтому, время проектирования САПР необходимо уменьшать.

Пути сокращения сроков проектирования САПР:

1. Выполнение предварительного анализа реализуемости задания на проектирование. Анализ осуществляется на основе упрощенных моделей. Реализуемость этих моделей оценивается экспертным путем. При этом, сокращение сроков проектирования обеспечивается за счет исключения работ по поиску решений для нереализуемых технических требований.
2. Унификация и типизация процесса проектирования, проектных процедур, решений а также рациональная организация проектирования. С этой целью создается проектная организация, которая разрабатывает типовой технологический процесс проектирования. Типовой процесс учитывает организационные особенности разработки, применяемые методы и

инструментальные средства, но не учитывает особенности конкретного объекта проектирования.

3. Одновременное решение нескольких частных задач проектирования. (Число одновременно решаемых задач оптимизируется).

4. Поэтапный ввод сложной САПР в эксплуатацию. Это позволяет ускорить получение определенной части результатов; оценить правильность основы проекта; оперативно выполнить корректировку функций и элементной базы системы.

- Гибкость САПР → сложная система должна обладать способностью адаптироваться к изменениям подсистемы и метасистемы. Гибкость обеспечивается за счет возможности настройки системы на определенные условия функционирования. По отношению к метасистеме, гибкость САПР предполагает взаимозаменяемость ее компонентов при их модернизации.

5.6 Типы проектирования САПР

Два типа – индивидуальное и типовое проектирование.

- Индивидуальный способ проектирования – обычно применяется только крупными отраслевыми проектными организациями (с достаточными машинными ресурсами). Этот способ направлен на разработку САПР распространенных классов изделий или САПР уникальных изделий. Индивидуальное проектирование является базовой основой для типового.

- Типовое проектирование – заключается в выборе типовой САПР и ее модернизации для решения конкретных задач (Модернизация предполагает внесение в типовую программу незначительных изменений).

* При типовом проектировании важно, чтобы обеспечивалась адаптируемость САПР к прогнозируемым изменениям условий работы, а также снижение сроков и стоимости проектирования. (Иначе нет смысла создавать абстрактную типовую САПР).

5.7 Математическое моделирование.

В основе любой САПР лежит математическое обеспечение (МО).

(МО) – это методы и алгоритмы выполнения проектных операций и процедур, а также математические модели объектов проектирования (объекты проектирования – это изделия, техпроцессы, организационно-технические системы).

- Математическая модель (ММ) – это система математических соотношений, описывающая объект и его поведение в заданных условиях. В (ММ) используется упрощенное схематизированное отображение действительности, учитывающее только главные особенности объекта и основные факторы, влияющие на решение.

Правильно разработанная и функционирующая (ММ) → называют адекватной. Это означает, что требования полноты, точности и истинности выполняются не вообще, а в той мере, которая достаточна для достижения поставленной цели.

- Преимущества (**ММ**) – 1) возможность исследования поведения объектов еще на стадии проектирования, и последующая оптимизация функциональных характеристик (или размеров, структур и т.д.).

2) нет необходимости каждый раз создавать ММ заново. Т.е. (**ММ**) обычно формализованы и содержатся в БД в виде некоторых стандартных процедур, или создаются системой на основе введенного пользователем описания проектируемого объекта.

Готовая САПР снимает с пользователя трудоемкие задачи создания ММ и описания их программной реализации.

5.8 Виды математических моделей.

По характеру отображаемых свойств объекта (**ММ**) делят на функциональные, структурные, имитационные.

- Функциональные модели → отображают процесс функционирования объекта и имеют форму систем уравнений. Составные части функциональных моделей – это формулы и неравенства (и др.). Эти модели включают три уровня описания:

1) Теоретико-множественный – (сюда входят методы теории множеств и теории графов);

2) Логический – включает методы математической логики;

3) Количественный – включает отображение действительных величин.

- Структурные модели → позволяют абстрагироваться от содержательной стороны задачи, приводя ее к анализу геометрической структуры.

Для представления структуры объектов в ходе их проектирования часто используют графы.

Граф → геометрическое построение в виде множества вершин и связывающих их ребер (Расположение вершин, форма и длина ребер – произвольные). Т.е. изображение графа показывает только то, какие элементы (вершины) его составляют, и между какими элементами установлены связи (ребра). Ребра графа могут быть ориентированными (с односторонней стрелкой) и неориентированными (без стрелки).

Смежные – две вершины, соединенные одним ребром или два ребра, имеющие общую вершину.

- Путь → последовательность смежных ребер.

- Контур → путь, у которого начальная вершина является также и концом.

- Граф-«дерево» → граф без контуров, у которого между любой парой вершин существует только один путь.

- Имитационные модели → предназначены для оценки характеристик сложных систем.

В (**ИМ**) поведение сложной системы описывается определенным набором алгоритмов.

Моделирующие алгоритмы позволяют по исходным данным отобразить реальное явление, происходящее в системе (3D + нагрузка).

Использование (ИМ) сложной системы возможно при условии:

- 1) если не существует законченной постановки задачи исследования и выполняется процесс изучения объекта.
- 2) если имеются аналитические методы, но математические процедуры очень трудоемки;
- 3) если кроме оценки влияния параметров системы требуется определить поведение ее компонентов в течении некоторого периода времени;
- 4) если (ИМ) является единственным способом наблюдения за поведением объекта в реальных условиях;
- 5) если требуется контролировать протекание процессов в системе при ускорении или замедлении явлений в ходе имитации;
- 6) при освоении новой техники в ходе подготовки специалистов (для получения навыков).
- 7) при изучении новых малоизвестных и неизвестных ситуаций в системе;
- 8) для определения и предсказания возможных проблем, которые могут возникнуть при функционировании системы, если в нее включается новый компонент.

5.9 Типовые решения при проектировании механической обработки

• Главные особенности проектирования в технологии машиностроения:

1. Многовариантность; 2. Низкий уровень формализации при решении многих проектных задач.

В соответствии с этими особенностями, проектирование ТП представляет собой, в основном, последовательный выбор типовых решений, в соответствии с определенными условиями производства и параметрами детали.

Типовые решения разделяются на два уровня:

1. Типизация при обработке отдельных поверхностей. → Основывается на практически освоенных решениях и справочных данных. Типовые маршруты (или методы обработки) поверхностей приводятся в таблицах средне-экономической точности обработки. (для наружных и внутренних цилиндрических поверхностей). Состав и последовательность методов обработки в маршруте определяются рядом факторов, из которых основным является конечный параметр поверхности детали.

2. Типизация на уровне обработки детали в целом. → Направлена на разработку ТП типовых деталей, с использованием унифицированных ТП.

Типизация заключается в классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам: а) форме; б) размерам; в) точности и др. Конечная цель классификации – установление принадлежности детали к определенному типу.

• Для общетиповых деталей характерен общий состав операций и переходов, а также их структура.

Но, детали одного типа могут отличаться набором поверхностей и некоторыми параметрами. Поэтому типовой ТП должен включать и учитывать максимальное количество вариантов. А ТП обработки конкретной детали получается из типового

ТП путем исключения лишних операций и переходов, т.е. для отсутствующих на конкретной детали поверхностей.

В доработку типового ТП также входит: а) уточнение и выбор технологической оснастки; б) пересчет и уточнение технологических размеров; в) выбор режимов резания; г) определение норм времени.

Один из методов разработки типовой технологии – групповой метод.

Смысл группового метода заключается в том, что для обработки группы подобных деталей устанавливается одинаковое оборудование.

По этому признаку классифицируются детали и формируется группа.

5.10 Методики автоматизированного проектирования ТП

Процесс автоматизированного проектирования в технологии машиностроения можно представить в виде многоуровневой структуры, рисунок 9. В результате такого разделения, процесс проектирования сводится к решению задач с различной степенью детализации на взаимосвязанных уровнях.

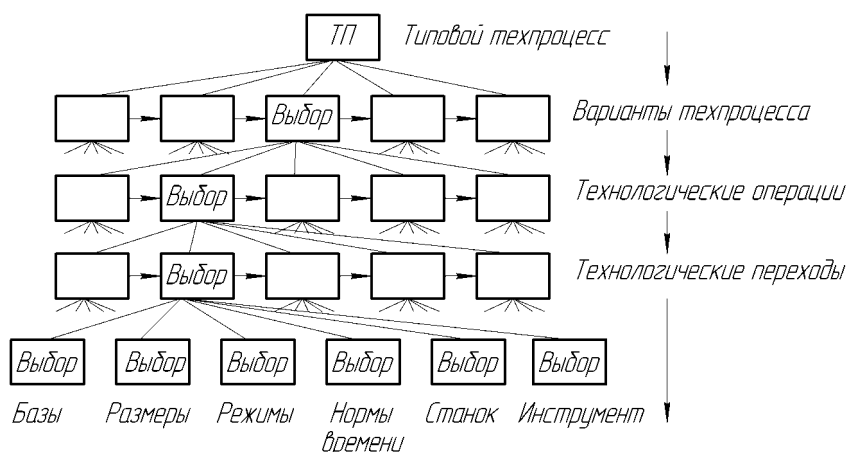


Рисунок 7 – Схема выбора варианта технологического процесса

По этой схеме, промежуточные результаты могут использоваться в качестве исходных данных для следующего проектирования. Это позволяет использовать на каждом уровне более простые модели и алгоритмы.

Три основные методики автоматизированного проектирования ТП.

1. Метод прямого проектирования → предполагает, что подготовка проектного документа возлагается на пользователя, выбирающего типовые решения.

По этому методу, процесс проектирования сводится к выбору из пользовательского меню различных уровней: операций; переходов; оборудования; оснастки. Выбранная информация автоматически заносится в графы и строки шаблона маршрутной или операционной карт. Все возможные варианты при такой методике находятся в БД, которая открывается в идее окна.

2. Метод анализа → выполняется по схеме: а) ввод описания чертежа детали;

б) определение конструкторско-технологического кода детали; в) поиск по коду в БД приемлемого ТП; г) Анализ структуры базового ТП и его доработка под конкретную деталь; д) Оформление индивидуального ТП.

• Порядок подготовки к реализации метода анализа.

1. Из множества деталей заводской номенклатуры выбираются группы с общими признаками, включая типы заготовок и способы обработки.
2. Для каждой группы деталей формируется обобщенная модель (комплексная деталь) конструкция которой включает все многообразие поверхностей рассматриваемой группы.
3. Для комплексной детали разрабатывается унифицированный ТП, который является избыточным. В данном ТП содержится описание операций и переходов для всех деталей группы. В соответствии с данной методикой, у деталей группы выявляются типовые поверхности, которые могут быть получены одним способом. Все эти поверхности включаются в комплексную деталь. Каждой характерной поверхности присваивается произвольный номер. ТП обработки конкретной детали формируется путем уточнения общих поверхностей с комплексной деталью группы. Затем производится выбор из группового ТП только тех операций и переходов, которые необходимы для обработки поверхностей заданной детали.



Рисунок 8 – Трёхмерная модель комплексной детали.

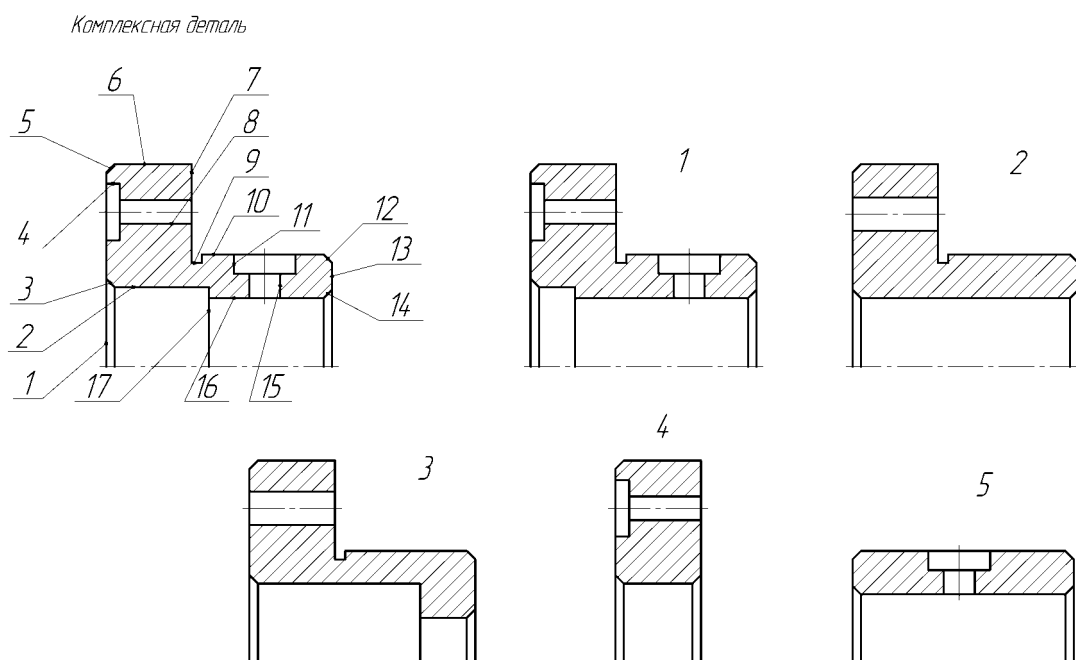


Рисунок 9 – Эскизы группы подобных деталей и комплексной детали.

В ходе проектирования методом анализа выполняются следующие шаги:

1. определяется принадлежность новой детали к определенной группе. Для этого сопоставляется конструкторско-технологический код детали с кодом комплексной детали.

2. Выполняется анализ с целью корректировки структуры унифицированного ТП комплексной детали. В ходе анализа проверяется необходимость включения в индивидуальный ТП каждой операции и перехода из унифицированного ТП. Для этого каждой операции и переходу унифицированного ТП должна соответствовать логическая функция.

Логическая функция включает геометрические особенности поверхностей; вид заготовки; требуемую точность обработки; качество поверхностного слоя; габаритные размеры.

В общем виде логическая функция выбора определенной операции имеет вид:

$$f_k = \bigvee_{j=1}^{n_2} \left(\bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)$$

Где A_i – условия для группы деталей;

n_1 – число условий, связанных конъюнкцией (И; логическое умножение);

n_2 – число условий, связанных дизъюнкцией (ИЛИ; логическое сложение).

Для некоторых операций, которые являются общими для всех деталей группы, логическую функцию можно не писать.

Таким образом выполняется пошаговое формирование структуры индивидуального ТП.

3. Выполняется параметрическая настройка – т.е., выбор оборудования; оснастки; расчет режимов резания; норм времени и т.д.

Данный метод является основным при проектировании технологических процессов (особенно групповых и типовых).

3. Метод синтеза

Общая схема метода синтеза:

1. Ввод описания чертежа детали;
2. Синтез маршрута обработки для всех поверхностей;
3. Формирование этапов обработки в соответствии с принципиальной схемой ТП.
4. Упорядочение операций в маршруте;
5. Упорядочение переходов в операциях;
6. Доработка по описанию чертежа детали;
7. Оформление документации.

Алгоритмы построения САПР на основе метода синтеза существенно отличаются друг от друга. Это связано с тем, что:

- а) проектируются детали определенного класса;
- б) проектируются детали любой сложности;
- в) разная степень полноты технологических указаний в описании деталей;
- г) разные особенности типа и условий производства;

Но при этом, разработка индивидуального ТП ведется синтезом из элементарных маршрутов обработки поверхности.

• Синтез маршрута обработки поверхности – это определение последовательности методов обработки, необходимых для достижения требуемых параметров по чертежу детали.

Между методами обработки и параметрами поверхности существует зависимость, описываемая функцией: $M_i: C_{i-1} \rightarrow C_i$, которая задает технологическое преобразование поверхности с параметрами низкого качества C_{i-1} в поверхность с параметрами более высокого качества C_i , посредством метода M_i .

Так как существует множество методов обработки, обеспечивающих выполнение заданных условий, то возможные варианты обработки поверхности можно представить в виде графа $G(C; M)$.

Множество «С» вершин графа характеризует параметры промежуточных состояний данной поверхности. Например:

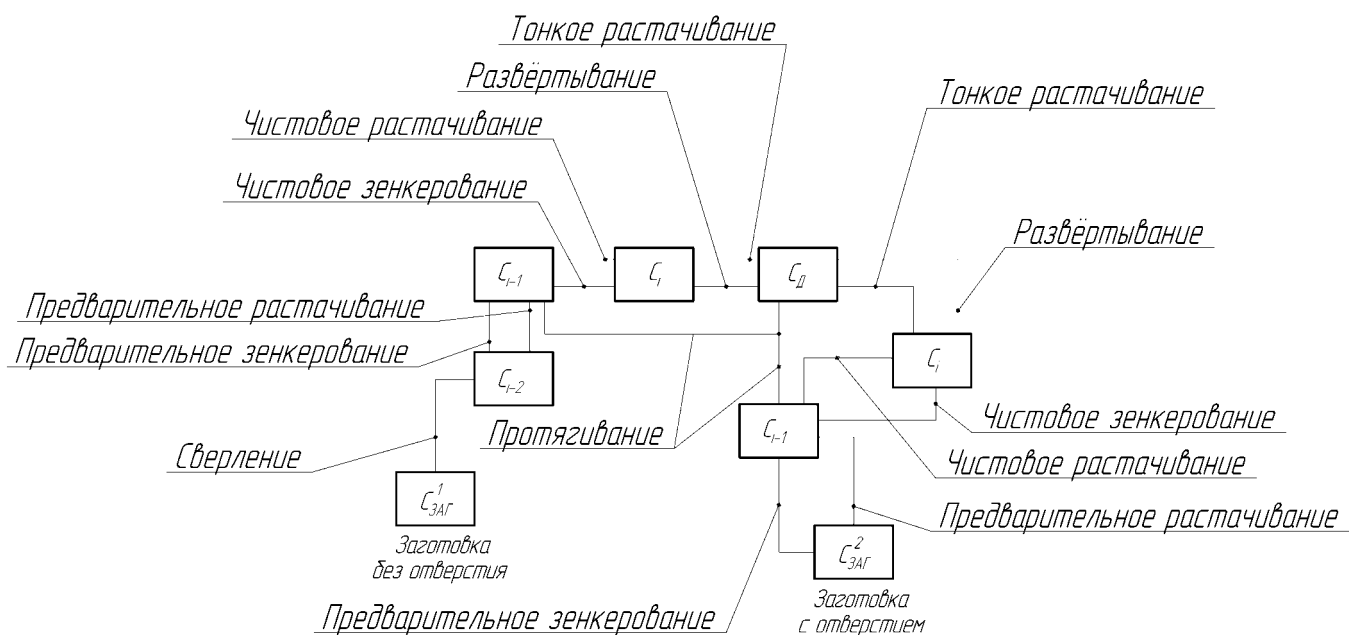


Рисунок 10 – Граф выбора методов обработки (вариант).

Если при разработке алгоритма учитывать опытные данные предприятий, то это позволит значительно сократить количество альтернативных вариантов, и исключить из рассмотрения нерациональные маршруты обработки поверхности.

В большинстве случаев алгоритмы выбора МОП (маршрут обработки поверхности) имеют форму таблиц. В таблицу вносятся все возможные типовые МОП, и ряд условий выбора определенного варианта.

Выбор допустимых вариантов МОП производится с помощью таблиц соответствий.

Например, составим таблицу соответствия для выбора маршрута обработки детали, показанной на рисунке 11.

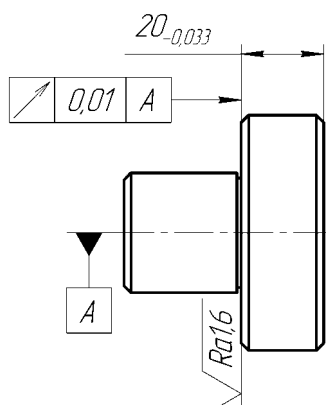


Рисунок 11 – Проектируемая деталь.

Таблица 1 – МОП тел вращения

Код МОП	Код методов	Вид обработки	Квалитет	Ra, мкм
12	100	Точение черновое	16-14	20-25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
13	100	Точение черновое	16-14	20-25
	101	Точение получистовое	13-12	12,5...6,3
	102	Точение чистовое	11-10	3,2
14	100	Точение черновое	16-14	20-25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
	102	Точение чистовое	11-10	3,2
	103	Точение тонкое	9...8	2,5...1,6
15	100	Точение черновое	16...14	20...25
	101	Точение получистовое	13...12	12,5...6,3
	502	Шлифование получистовое	10...8	3,2...2,5
	503	Шлифование чистовое	7...6	1,6...1,25

Таблица 2 – Выбор МОП (таблица соответствия)

Условия выбора МОП																Код МОП
Тип поверхности			Точность размера					Шероховатость				Термообработка				
Цилиндри- ческая	Торцовая	Другая	...	14	11	9	7	12,5	3,2	2,5	0,4	Без ТО	Цементация	Закалка	Азотирование	
			>	...	...	...	...	...	...	...						
			12	10	8	6	6,3	2,5	1,25	0,2						
0	1	...	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	12
0	1	...	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	13
0	1	...	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	14
0	1	...	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	15

Для принятых исходных данных выбирается код обработки **14**, т.е. следующий состав и порядок выполнения технологических операций и переходов:

Точение черновое + Точение полу-чистовое + Точение чистовое + Точение тонкое.

Если бы на чертеже были указания по термообработке, то при остальных тех же данных был бы выбран код **15**.

Следующая задача – из отдельных МОП строятся допустимые ТП обработки. Для этого рекомендуется использовать принципиальную схему ТП.

Принципиальная схема ТП позволяет разбить будущий процесс на отдельные последовательные этапы обработки. Разбиение и выделение отдельных этапов производится в обратном порядке получения соответствующих поверхностей. В принципиальной схеме должны быть указаны все возможные методы, являющиеся общими при обработке различных поверхностей, например, этапы принципиальной схемы по Цветкову приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Принципиальная схема технологического процесса по Цветкову.

№ этапа	Наименование	Назначение и достигаемые параметры
Э1	Заготовительный	Получение заготовки и термообработка
Э2	Черновой	Удаление напусков и черновых припусков
3	Термический I	Улучшение; старение
4	Получистовой I	IT 13...11; Ra 2,5 мкл
5	Термический II	Цементация
6	Получистовой II	Удаление дефектного слоя после цементации
7	Термический III	Закалка; улучшение
8	Чистовой I	IT 7...6; Ra 1,25 мкм
9	Термический IV	Азотирование; старение
10	Чистовой II	Удаление дефектного слоя после азотирования
11	Чистовой III	IT 6...5; Ra 0,1 мкм
12	Гальванический	Покрытия (хром; никель и др.)
13	Доводочный	Ra 0,4 мкм

Тема 6

Специальные возможности системы КОМПАС – 3D

Расчёт размерных цепей

Библиотеки → Прочие → Библиотека расчета размерных цепей.

Позволяет производить расчет размерных цепей (Р.Ц. – совокупность геометрических размеров, расположенных по замкнутому контуру, определяющих взаимное расположение поверхностей (или осей) или нескольких деталей и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи).

Позволяет производить расчет РЦ для чертежей и фрагментов в соответствии с ГОСТ 16320-80 «Цепи размерные. Методы расчета плоских цепей».

Элементами РЦ могут быть проставленные размеры или отрезки. Библиотека позволяет выполнять расчеты для вертикальных, горизонтальных и наклонных размеров. Расчеты могут быть выполнены методом максимума-минимума или теоретико-вероятностным методом.

Расчет выполняется для размеров диапазоне 0.....10000 мм (ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25347-82). Если хотя бы один размер цепи не вписывается в этот диапазон, то с помощью программы рассчитывается только номинальные размеры без допуска. Программой поддерживаются вычисления отклонений «А», «В», «С», «СД», «Д», «Е», «ЕF», «F», «FG», «G», «H», «JS», «K», «M», «N», «P», «R», «S», «T», «U», «V», «X», «Z», «ZA», «ZB», «ZC» с квалитетами 0...18 для «валов и отверстий». Данная библиотека является прикладной библиотекой КОМПАС, и записана в файле dcw.rtw.

Интерфейс библиотеки Кнопки (наименование и функции)

- 1) Новый расчет – формирует новую РЦ + выполняет ее расчет.
- 2) Открыть расчет – загружает из файла ранее сохраненный расчет.
- 3) Сохранить расчет – сохраняет текущий расчет в файл.
- 4) Добавить звено – включает размер или отрезок в РЦ.
- 5) Замыкающее звено – указывает замыкающее звено РЦ.
- 6) редактировать звено – изменяет параметры звена.
- 7) Удалить звено – удаляет звено из РЦ.
- 8) Обновить из документа – считывает из документа параметры звена.
- 9) Изменить документ – передает параметры звена цепи в документ.
- 10) Пересчитать – выполняет расчет РЦ.
- 11) Отчет – отображает результаты расчета в отдельном окне.
- 12) Настройка – настраивает параметры библиотеки.
- 13) Справка – вызывает справочную информацию.

Основные методы расчета РЦ

Расчет РЦ предполагает определение номинального размера замыкающего звена., координаты середины поля допуска размера, и предельного отклонения размера Δ .

Метод максимума-минимума – используется для расчета РЦ, в которых должна быть обеспечена полная взаимозаменяемость. Допуск $\delta\Delta$ определяется арифметическим сложением допусков (размеров) составляющих звеньев:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} |\xi_i| T_i$$

где: T_{Δ} - допуск замыкающего звена; T_i – допуск звеньев РЦ; ξ_i - коэффициент влияния i -го звена, для плоских РЦ $\xi_i = +1$ для увеличивающих звеньев; $\xi_i = -1$ для уменьшающих звеньев.

При использовании методики «максимума-минимума» предъявляются жесткие требования к точности составляющих звеньев. Эти требования предполагают увеличение затрат на изготовление изделий.

Если по условиям производства целесообразно назначить более широкие допуски на составляющие звенья РЦ, предполагая при этом выход размера замыкающего звена за пределы поля допуска у некоторой (небольшой) части изделий, то следует применять теоретико-вероятностный метод.

Теоретико-вероятностный метод

При использовании этого метода допуск замыкающего звена определяется по формуле

$$T_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \xi_i^2 (\lambda_i)^2 T_i^2}$$

Где: T_{Δ} - допуск замыкающего звена; T_i – допуски звеньев цепи; ξ_i - коэффициент влияния i -го звена.

При расчете плоских РЦ, $\xi_i = +1$ для увеличивающих звеньев; $\xi_i = -1$ – для уменьшающих звеньев; n – количество звеньев; t_{Δ} - коэффициент риска, определяющий количество бракованных деталей, t_{Δ} выбирается из таблиц Лапласа в зависимости от принятого процента риска p ; λ_i - коэффициент относительного рассеяния; ($\lambda_i = 1/6$, закон равной вероятности $\lambda_i = 1/3$)

Настройка библиотеки

Используется кнопка «Настройка» - появляется диалоговое окно «Настройки». Опции:

1. Способ расчета – для выбора одного из вариантов (Максимум – минимум. Или вероятностный). Если выбран вероятностный метод, то открываются дополнительные элементы управления.

1.1. Коэффициент риска – для выбора значения этого коэффициента. При этом необходимо выбрать один из видов распределения (кнопки «нормальное распределение», «Распределение Симпсона», «равная вероятность»).

1.2. Квалитет по умолчанию – содержит значение квалитетов размеров. Для выбора определенного квалитета используется кнопка «Изменить», → появляется окно «Выбор квалитета».

....Этот диалог появляется после нажатия кнопки «Редактировать звено», или, как уже было отмечено, «Настройки» → «Изменить».

Элементы управления диалога

1.2.1. «Показать квалитеты для» – ↓ (ниже приведены элементы диалога)

1.2.1.1. «Система вала» – квалитеты для системы вала.

1.2.1.2. «Система отверстия» – квалитеты для системы отверстия.

1.2.1.3. «Предпочтительные; Основные, дополнительные» – содержит квалитеты для выбранной системы;

1.2.1.4. «Номинал» – изменяет номинальное значение размера;

1.2.1.5. «Верхнее отклонение / Нижнее отклонение» – для изменения отклонений размеров;

1.2.1.6. «Квалитет» – показывает выбранный квалитет.

ОК	ввод выбранных параметров
----	---------------------------

ОТМЕНА	отказ
--------	-------

2. Точность расчета – определяем количество знаков после запятой при отображении предельных отклонений.

3. Заносить изменения в документ автоматически – для автоматической передачи результатов расчета в документ;

4. Автоматический пересчет замыкающего звена – для автоматического расчета при изменении параметров.

5. Разброс – для указания максимальной величины несовпадения проекций размерных линий на направление размерной цепи, при которой эти размеры стыкуются в размерную цепь.

6. Предупреждение при закрытии отчета – для вывода на экран сообщения, напоминающего сохранить отчет в файл.

Порядок выполнения расчетов

Используются варианты: «Новый расчет»; «Загрузить»; «Сохранить».

1. Новый расчет

1.1. «Добавить звено» - необходимо указать размер, включаемый в РЦ. Чтобы включать размер в РЦ можно «кликнуть» на одном из его элементов: а) размерная надпись; б) выносная или размерная линия; в) сам отрезок. При этом, сведения о размере заносятся в таблицу автоматически. По умолчанию размеру присваивается наименование из буквы А и порядкового номера (наименование можно изменить). Наименование и величины размеров РЦ будут заносятся в таблицу по очередности их выделения.

1.2. «STOP» - «Прервать команду» - для завершения формирования цепи.

1.3. «Замыкающее звено» - для выделения замыкающего звена. Его величина будет автоматически занесена в таблицу и выделена красным цветом.

1.4. «STOP» - «Прервать команду»

1.5. «Пересчитать» - выполняется расчет в соответствии с заданными в настройках параметрами». Результаты расчета появляются в полях таблицы.

1.6. «Обновить документ» - для передачи результатов расчета в документ. При этом исходные параметры чертежа будут автоматически изменены, в соответствии с результатами расчета.

1.7. «Отчет» - для формирования текстового отчета.

1.8. Изменение исходных данных.

По умолчанию значения параметров РЦ берутся из размеров в документе. Если в документе не указано значение качества, оно задается настройками библиотеки. Изменения можно сделать так:

1.8.1. Изменение размеров в документе.

Порядок изменения размеров в документе зависит от текущего состояния библиотеки. Если библиотека закрыта, и размер, который был включен в сохраненный расчет, изменен, то при запуске библиотеки и открытии расчета, параметры размера будут обновлены в таблице автоматически.

Если размер в документе был изменен при активной библиотеке, то автоматически он не обновляется. Чтобы привести параметры размера в библиотеке и в документе в соответствие, надо нажать кнопку «Обновить из документа»

1.8.2 Изменение звена средствами библиотеки.

Для этого надо нажать кнопку «Редактировать звено». – появится диалог «Выбор качества». В этом диалоге изменяются параметры звена. Изменения автоматически заносятся в таблицу.

Сохранение расчета

Кнопка «Сохранить расчет» (По умолчанию файлы будут с расширением slc., которое изменять не рекомендуется).

Удаление звеньев

«Удалить звено» - удаляется только из таблицы расчета; на чертеже остается без изменений.

Выбор другого замыкающего звена

По аналогии нажимается кнопка «замыкающее звено».

Требования к объектам расчета

1. Расчет РЦ может быть выполнен только для чертежа или фрагмента;
2. Элементами РЦ могут быть линейные размеры или отрезки;
3. Звенья РЦ (размеры) должны быть параллельны. Если в качестве звена указан отрезок не параллельный направлению РЦ, то его значение принимается равным длине проекции отрезка на направление цепи.
4. Для расчета A_{Δ} должны быть известны все составляющие с РЦ размеры и их отклонения;
5. Значение «разброса между звеньями РЦ» не должно превышать значения, заданного при настройке библиотеки. Звено РЦ не должно стыковаться более чем с двумя звеньями.

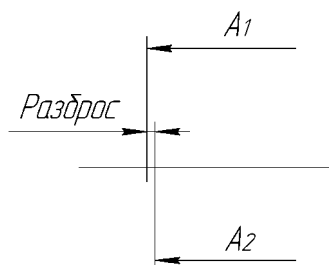


Рисунок 12 – Разброс при составлении размерной цепи.

Разброс – смежные выносные линии двух размеров, которые предполагается включить в РЦ, могут не совпадать. Расстояние между ними называется разбросом.

Возможные ошибки

1. Документ не активизирован или не является чертежом (фрагментом). – попытка запуска библиотеки при отсутствии открытого документа; (или открытый фон, не является чертежом/фрагм.)
2. необходимо замкнуть цепь – РЦ не замкнута.
3. Укажите соответствующий тип объекта – возможно указан в качестве элемента цепи недопустимы объект (дуга; окружность; угол).
4. Нет замыкающего звена – оно не выбрано.
5. Цепь не замкнута < список звеньев > - РЦ не замкнута.
6. Цепь избыточна < список звеньев > - РЦ содержит избыточные звенья.

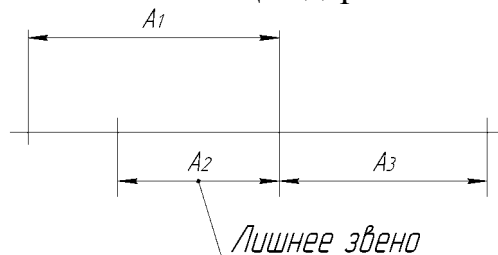


Рисунок 13 – Схема избыточной размерной цепи, как возможной ошибки.

КОМПАС – 3D, «Библиотека планировок цехов»

Назначение – для автоматизации процесса формирования графической и текстовой документации при создании технологических планировок производственных цехов.

Позволяет:

1. Создавать и редактировать темплеты оборудования.
2. Размещать темплеты на плане производственного помещения.
3. Управлять отображением элементов темплетов;
4. контролировать нормативные расстояния между единицами оборудования, а также от оборудования до смежных элементов зданий (т.е. колонн, стен и др.);
5. Регистрировать оборудование в базе данных;
6. Получать из базы данных справочную информацию по оборудованию.
7. Автоматически формировать спецификацию оборудования.

Библиотека планировок цехов использует базы данных САПР технологических процессов КОМПАС-АВТОПРОЕКТ. Возможна также автономная работа. Для работы библиотеки требуется система «КОМПАС-график» от 6-й версии.

КОМПАС – 3D, Shaft 2D

- Позволяет:

- 1) выполнять графическое построение тел вращения любой сложности, в разрезе, с сечениями.
- 2) также → генерировать 3D – модель; виды и сечения.
- 3) выполнять визуализацию приложения нагрузки;
- 4) выполнять прочностные расчеты на изгиб; кручение и др.
- 5) выполнять расчеты для следующих механических передач: а) шестерни цилиндрические; б) шестерни конические с круговыми зубьями; в) шестерни конические с прямыми; г) червячной передачи (цилиндрический червяк); д) червячные передачи (колесо); е) звездочка цепной передачи; ж) шкив клиноременной передачи; з) шкив зубчатоременной передачи.
- 6) Выполнять подбор подшипников.

КОМПАС – Shaft 2D → КОМПАС Shaft Calc

→ КОМПАС Shaft Calc – это составная часть интегрированной системы проектирования тел вращения. Предназначена для расчета валов и подшипников.

Возможности Shaft Calc:

1. Выполняет полный расчет валов, модели которых построены в КОМПАС Shaft 2D, и получает результаты в виде графиков распределения: а) радиальных сил в горизонтальных и вертикальных плоскостях; б) изгибающих моментов в горизонтальных и вертикальных плоскостях; в) крутящих моментов; г) нормальных напряжений; д) касательных напряжений при кручении; е) относительно угла закручивания; ж) прогиба вала; з) коэффициента запаса усталостной прочности вала.

2. Позволяет получать информацию о значении рассчитанной величины в указанной точке графика;
3. Формирует отчет о выполнении расчетов;
4. Позволяет выполнять расчет подшипников на грузоподъемность; долговечность; тепловыделение; и получать результаты расчета в виде таблиц;
5. Позволяет назначать и изменять материал вала из библиотеки материалов;
6. Позволяет оформлять на валах дополнительные конструктивные элементы: шлицы; фаски; галтели; канавки (разные); шпоночные пазы (разные только на цилиндрических поверхностях);
7. На валах можно устанавливать также элементы зубчатого зацепления (вал-шестерня) и выполнять их расчёт с помощью подпрограммы Kompas GearsW.

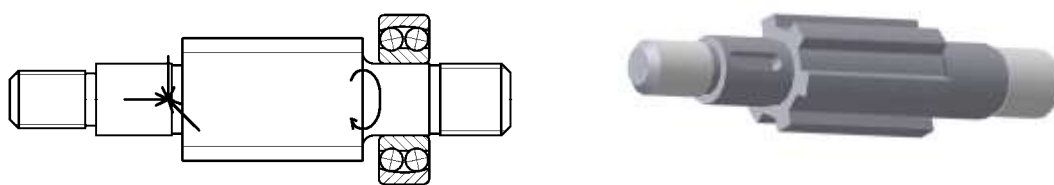


Рисунок 14 – Схема распределения сил, моментов сил и трёхмерная модель вала, построенные с помощью модуля Shaft 2D

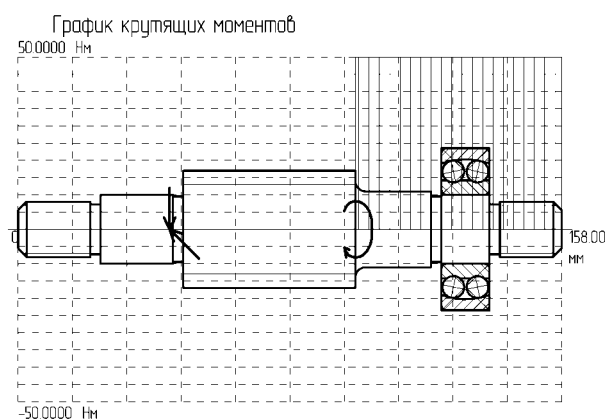


Рисунок 15 – Построение эпюры крутящих моментов с помощью модуля Shaft 2D.

КОМПАС – SPRING

Прикладная библиотека – предназначена для проектного и проверочного расчета цилиндрических винтовых пружин сжатия и растяжения; тарельчатых, конических и фасонных пружин. Также для построения их чертежей; видов; (создания диаграмм; технических требований и заполнение основной надписи).

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Разработка модели выбора методов обработки цилиндрических поверхностей по коэффициенту уточнения

1. Определяем цель проектирования: разработать программу для автоматического выбора варианта методов обработки цилиндрической поверхности с учетом рекомендуемых коэффициентов уточнения. Реализовать в Excel.

2. Определяем критерии выбора:

2.1. Вид материала заготовки (Сталь/чугун);

2.2. тип поверхности (наружная/внутренняя);

2.3. Диапазон размеров обр.-ых поверхностей;

2.4. Допустимые отклонения размеров поверхности детали;

2.5. Допустимое отклонение поверхности заготовки;

2.6. Допустимые диапазоны коэффициентов уточнения (черн. Чуг. 2,56.....6,55; 2,56.....4,1; ст. 2,56.....4,1; 1,61.....2,56)

Критерии выбора будут являться основанием для выполнения расчетов. При разработке программ их следует поместить в блок исходных данных.

3. Предварительно разделяем программу на составные части. Признаком разделения может служить группа математических, логических или других операций, результатом выполнения которых будет промежуточное решение.

Количество составных частей выбирается произвольно. При этом учитывается удобство составления формул и лог.выражений.

4. При значительном количестве возможных результатов, целесообразно каждому возможному состоянию изначально присвоить свой код. Тип и вид кода выбирается произвольно.

Например, в данной задаче может рассматриваться следующее сочетание влияющих признаков:

4.1. Укрупненная характеристика метода обработки, отражающая порядок выполнения определенного перехода. Данному признаку можно присвоить цифровые индексы от 1 до..... необходимого значения (для нашей задачи 1....7). Этот индекс в коде будет указан первым.

4.2. Вторым можно указать индекс подвида обработки, например черновая (1 Т 14) – 1; предварительная (1 Т-13) – 2; получистовая (1 Т 12) – 3; чистовая (1 Т 11) – 4 и т.д. Количество вторых индексов в коде будет соответствовать возможным вариантам коэффициентов уточнения. Это связано с наличием диапазонов для K_y , что предполагает неоднозначность. Например, при выполнении первого перехода механической обработки возможны следующие варианты: $\frac{\delta_3}{\delta_{11}}; \frac{\delta_3}{\delta_{12}}; \frac{\delta_3}{\delta_{13}}; \frac{\delta_3}{\delta_{14}}$.

Соответственно, присваиваем коды: 14; 13; 12; 11 (т.е. первый переход + получаемая точность по K_y).

4.3. Далее можно указать код материала, например чугун – 0, сталь – 1.

4.4. Указываем тип поверхности внутренняя – 0; наружная – 1; или в данном случае можно указать на тип поверхности математическим знаком «+» - наружн.; «-» - внутр.

4.5. Указываем на диапазон размеров. Это можно выполнить, изменяя разряд кодового числа. Например общий вид кода определенного состояния:

4.5.1. {111} - первый переход обработки, в результате которого получится 1 Т14; обрабатываемый материал – сталь (1); тип поверхности – наружная; диапазон размеров – первый (например до 40 мм);

4.5.2. {-1200} - первый переход обработки; получится 1.Т13; материал – чугун; поверхность внутренняя; диапазон размеров ≥ 40 мм;

5. Записываем возможные методы механической обработки, соответственно каждому коду. Например, для 4.5.1. – «Черновое точение» для 4.5.2. «Черновое растачивание».

6. Разрабатываем алгоритм решения, составляем блок – схему.

7. Реализуем решение в Excel.

Разработка алгоритма решения и блок-схемы (Вариант)

1. Формируем исходные данные: $d_{зач}$; d_g ; δ_3 ; δ_d ; тип поверхности (Вн./Нар.); Материал (с/ч)

2. В первом блоке выполняем определение допустимых отклонений для квалитетов от 1 Т 14 до 1 Т 6, с учетом заданного размера d_g .

Два варианта (можно больше):

2.1. а) определяем к какому диапазону размеров относится d_g и присваиваем индекс, в порядке увеличения размеров; б) Определяем № индекса диапазона и принимаем соответствующий допуск в отдельности для каждого квалитета.

2.2. Сразу определяем допуск размера по каждому квалитету. Примечание 1→ таблицу допусков составляем в соответствии с ГОСТ.

3. Результат определения допусков по каждому квалитету отправляем в качестве входных данных для следующего расчетного блока. В следующем расчетном блоке формируем ряды подпрограмм, для определения необходимого состава методов обработки.

4. Определяем возможные соотношения допусков: $\frac{\delta_3}{\delta_{i+n}}$; $\frac{\delta_3}{\delta_i}$; $\frac{\delta_{i-1}}{\delta_i}$; ... $\frac{\delta_{i-1}}{\delta_{i+1}}$.; и т.д.

5. С целью упрощения подпрограмм разделяем блок-схему на две параллельные ветви. Признаком для разделения удобно выбрать классификацию по материалу, т.к. для стали и чугуна определены разные допустимые пределы коэффициентов уточнения.

При этом на проверку материала на принадлежность для стали и чугуна можно выполнить в отдельных ячейках т.е., именно разделить ветви решения.

6. В блоках 3.1 и 3.2 выполняем проверку всех возможных условий, и результат выводим в виде соответствующего кода в две разные ячейки.

7. Объединяем результат выбора блоков 3.1. и 3.2 по признаку («Ст/чуг») в одну ячейку.

Вариант задачи на экзамене

Требуется разработать программу для выбора операционной технологии изготовления типовых деталей типа фланец, при условии изменяющихся параметров.

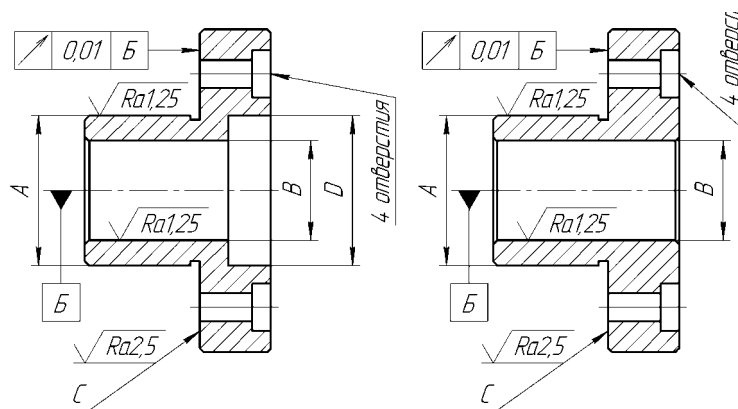


Рисунок 1 – Типовые детали группы

Порядок выполнения (вариант)

1) Определяем состав изменяющихся параметров. В данном случае переменные параметры следующие: а) Наличие/отсутствие поверхности **D**; б) Точность поверхности **A** – по условию может изменяться от IT8 до IT10; в) Точность поверхности **B** – по условию может изменяться от IT8 до IT10; г) Допуск биения поверхности **C** – по условию может изменяться от 0,01 до 0,1 mm; д) Размер поверхности **B**; е) Наличие/отсутствие термообработки поверхности **A**; ж) Наличие/отсутствие термообработки поверхности **B**.

2) Разрабатываем избыточный маршрут обработки комплексной детали группы. Для рассматриваемого примера избыточный маршрут обработки может быть следующим:

1 Токарная; **2** Токарная; **3** Вертикально-сверлильная с ЧПУ; **4** Термическая; **5** Алмазно-расточная; **6** Кругло-шлифовальная.

3) Отдельно разрабатываем каждую технологическую операцию с учётом возможных вариантов технологии обработки поверхностей. Для деталей из данной группы рассматриваем следующие варианты технологических операций.

1 Токарная – варианты:

11 – Подрезать торец; точить большой наружный диаметр с f ; сверлить отверстие B на проход; расточить f в отв. B .

12 – Подрезать торец; точить большой наружный диаметр с f ; расточить отверстие B на проход с f .

13 – Подрезать торец; точить большой наружный диаметр с f ; расточить отверстие B на проход; расточить отв. D .

14 – Подрезать торец; точить большой наружный диаметр с f ; сверлить отверстие B на проход расточить отв. D .

2 Токарная – варианты:

21 – Подрезать торец; точить наружный диаметр A с f ; расточить отверстие B на проход с f ; точить канавку; подрезать торец C .

22 – Подрезать торец; точить наружный диаметр A с f ; зенкеровать отверстие B , точить f в отв. B ; точить канавку; подрезать торец C .

3 Вертикально-сверлильная с ЧПУ – варианты:

31 – Сверлить 4 отв.; зенковать 4 отв.

32 – Сверлить 4 отв.; зенковать 4 отв.; зенкеровать отв. B .

33 – Сверлить 4 отв.; зенковать 4 отв.; зенкеровать отв. B ; развернуть отв. B .

4 Термическая

5 Алмазно-расточная – варианты:

51 – Расточить отверстие B .

6 Кругло-шлифовальная

61 Шлифовать поверхность A с подшлифовкой торца C .

62 Шлифовать поверхность A .

4) Для каждой операции записываем логическую функцию выбора определённого варианта технологии с учётом переменных параметров. На рисунке показан вариант алгоритма определения состава первой токарной операции.

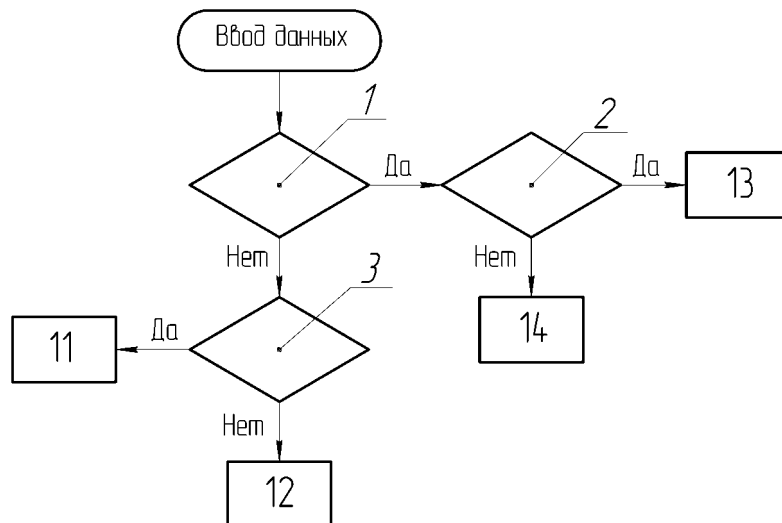


Рисунок 2 – Блок-схема определения варианта состава первой технологической операции

Позициями на схеме обозначены следующие условия: 1 – «Наличие поверхности **D** ?»;

2 – «Размер поверхности **B** >16 mm ?»; 3 – «Размер поверхности **B** <=16 mm ?».

Вариант для Excel: «=ЕСЛИ(E8=1;ЕСЛИ(E10>16;C3;C4);ЕСЛИ(E10<=16;C5;C6))»

Для второй токарной операции рассматриваются два варианта, в зависимости от размера поверхности **B**: $B > 16$ mm, либо $B \leq 16$ mm. При этом выбирается операция 21 или 22.

Для Вертикально-сверлильной операции с ЧПУ рассматриваются варианты наличия термообработки поверхности **B**, и точность поверхности **B** (IT10, IT9, IT8).

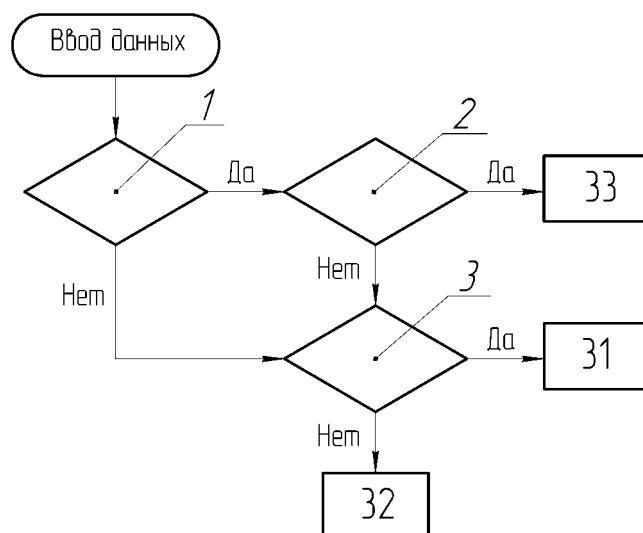


Рисунок 3 – Блок-схема определения варианта состава второй технологической операции

Позициями на схеме обозначены следующие условия: 1 – «Отсутствие ТО поверхности ***B*** ?»; 2 – «Точность поверхности ***B*** IT_B < IT10 ?»; 3 – «Размер поверхности ***B*** > 16 mm ?».

ПРИМЕЧАНИЕ: считаем, что точность поверхности ***B*** до IT10 включительно при размере поверхности ***B*** >16 mm была получена на токарной операции растачиванием.

Аналогично выполняем проверку условий для остальных технологических операций.

Лабораторная работа №1

Определение уровня экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ

Цель работы: автоматизировать расчёт условного уровня экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ, используя редактор Microsoft Office Excel.

Исходные данные: чертёж детали; методика расчёта условного уровня экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ.

Ход работы

1. Определить, какие данные в программе будут переменными, а какая часть расчёта будет подлежать формализации. При выполнении данного пункта надо исходить из того, что переменных данных, которые предполагают ручной ввод, должно быть минимальное, но достаточное количество.
2. Используя методику расчёта, разделить уровень экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ на три диапазона. Границы диапазонов уровней необходимо принять по прилагаемой зависимости $\beta = f(C_{КТ})$. При определении диапазонов, по графику необходимо определить среднюю величину β , и часть значений $\pm\beta_i$ около этой величины обозначить как “СРЕДНЯЯ СТЕПЕНЬ”. Также определить низкую и высокую степени экономической эффективности.
3. Разработать алгоритм определения уровня экономической эффективности и составить блок-схему. При разработке алгоритма, необходимо использовать **арифметические и логические функции** для определения зависимости $\beta = f(C_{КТ})$ и автоматической идентификации уровня экономической эффективности.
4. Реализовать разработанный алгоритм в редакторе Microsoft Office Excel.
- 5*. Рекомендации по оформлению видимой части программы: а) программа должна содержать заголовок; б) исходные данные для расчёта должны быть удобно читаемыми; в) в рабочей книге не должно быть лишних чисел; г) результат расчёта должен быть представлен в виде информационного текстового сообщения об уровне экономической эффективности от внедрения станков с ЧПУ, и вывода о целесообразности применения станков с ЧПУ для обработки заданной детали; д) в конце программы указать фамилию, инициалы разработчика, и номер группы.

Содержание отчёта

Отчёт должен содержать разработки предварительного этапа (п. 1...3) и распечатку видимой части программы (п. 4). Пункт 4 должен быть также представлен в электронном варианте.

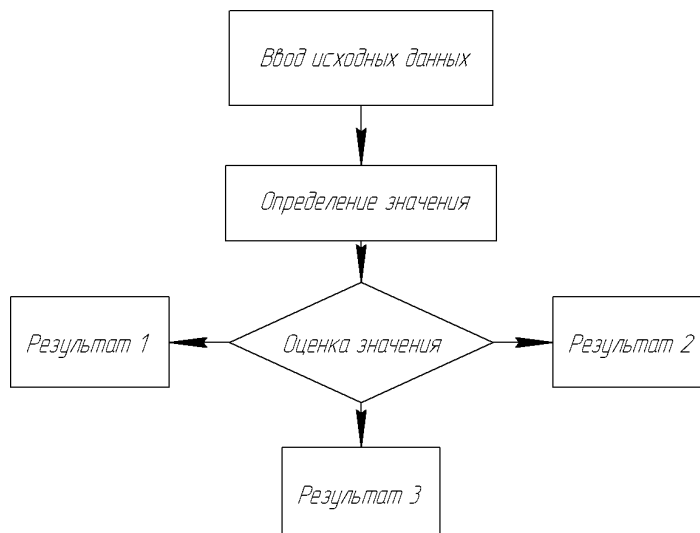


Рисунок 1 – Вариант оформления блок-схемы

Лабораторная работа №2

Разработка программы выбора элементарного маршрута обработки цилиндрических поверхностей по коэффициенту уточнения

Цель работы: практическое освоение методики автоматизированного проектирования технологических процессов; приобретение навыков в разработке алгоритмов решения проектных задач.

Работа рассчитана на 8 академических часов.

Теоретические сведения

Главные особенности автоматизированного проектирования в технологии машиностроения – это многовариантность и низкий уровень формализации при решении многих проектных задач.

В соответствии с этими особенностями, проектирование технологических процессов представляет собой, в основном, последовательный выбор типовых решений, в соответствии с определенными условиями производства и параметрами детали.

Типовые решения разделяются на два уровня:

1. Типизация при обработке отдельных поверхностей, которая основывается на практически освоенных решениях и справочных данных. Типовые маршруты (или методы обработки) поверхностей приводятся в таблицах средне-экономической точности обработки (например, для наружных и внутренних цилиндрических поверхностей). Состав и последовательность методов обработки в маршруте определяются рядом факторов, из которых основным является конечный параметр точности поверхности детали.
2. Типизация на уровне обработки детали в целом, которая направлена на разработку технологических процессов типовых деталей, с использованием унифицированных техпроцессов.

Ограниченность возможностей современных технологических методов и средств изготовления, как правило, не позволяет в один технологический переход изготовить изделие и получить заданное качество.

Поэтому, любой технологический процесс представляет собой совокупность технологических переходов, объединенных в одну или несколько операций, представляющих собой маршрут технологического процесса обработки детали. Построение маршрута технологического процесса является наиболее сложной и ответственной частью работы технолога.

Наличие множества технологических переходов и операций порождает дополнительные факторы, влияющие на качество изготовленного изделия. К ним относятся смена технологических баз, взаимное влияние факторов, действующих при осуществлении технологических переходов и т.д.

Взаимное влияние технологических переходов может привести к тому, что приобретенное качество по какому-либо показателю на предыдущем переходе при неправильной последовательности переходов будет утеряно при достижении качества по другим показателям на последующих переходах. Поэтому последовательность технологических переходов и операций оказывает большое влияние как на достижение заданного качества детали, так и на эффективность решения этой задачи.

Процесс формирования геометрической точности детали, качества поверхностного слоя, структуры материала детали представляет собой весьма сложную картину взаимного влияния большого множества факторов действующих при обработке заготовки.

Картина становится еще более сложной и запутанной из-за многовариантности технологического процесса, как по составу технологических переходов, числу операций, так и по их последовательности. Поэтому технолог при разработке маршрута обработки заготовки должен учитывать это обстоятельство и предусматривать соответствующие мероприятия, исключаящие

негативное влияние последующих переходов на достигнутое качество или снижающие их влияние до допустимого уровня.

Решение этой задачи осложняется также и тем, что деталь описывается большим числом показателей качества, требующих разных методов обработки. Маршрут технологического процесса влияет на качество детали через размерные связи получаемых размеров и характер изменения остаточных напряжений, возникающих в результате осуществления технологических переходов. Знание размерных связей позволяет:

- рассчитывать межпереходные размеры получения каждой поверхности детали и припуски на обработку;
- рассчитывать допуски на операционные размеры, определяющие точность относительного положения поверхностей детали;
- правильно выбирать технологические базы;
- выбирать последовательность технологических переходов и операций для достижения геометрической точности детали по всем показателям.

Знание изменения остаточных напряжений в заготовке по мере осуществления технологических переходов позволяет:

- определять последовательность технологических переходов для достижения заданного качества поверхностного слоя;
- предусматривать мероприятия по устранению геометрических погрешностей, вызванных деформациями заготовки из-за перераспределения остаточных напряжений.

Поэтому необходимо оценить взаимовлияние различных параметров технологического процесса, начиная с технологического перехода.

Снижение взаимного влияния технологических переходов на показатели качества поверхностей детали. Все показатели качества детали можно свести к двум группам. В первую группу входят показатели геометрической точности детали – точность размера, формы, относительного положения поверхностей и шероховатости поверхностного слоя. Во вторую группу входят показатели качества поверхностного слоя детали – остаточные напряжения, наклеп, структура материала.

При построении маршрута необходимо так выбирать последовательность достижения показателей качества, чтобы взаимное влияние технологических переходов не нарушало качества, достигнутого на предыдущих технологических переходах.

В основе любого технологического перехода лежит соответствующий метод и режим обработки. При этом, метод обработки в общем случае оказывает в той или иной степени влияние на все показатели качества детали.

Поэтому, чтобы правильно выбирать методы обработки поверхности детали, надо знать их влияние на каждый из показателей качества не только на качественном, но и на количественном уровне.

Пример. Требуется изготовить крупную партию стальных гладких цилиндрических валков с $d = 25$ мм, длиной 60 мм, допуском на диаметр $T_d = 2$ мкм и отклонениями формы и шероховатости не выходящими за пределы величины T_d .

В качестве заготовки примем калиброванный прут с допуском на диаметральный размер равным 280 мкм и отклонениями формы не выходящими за пределы 100 мкм и шероховатостью $R_z = 40$ мкм.

Принимая во внимание величины допусков на деталь и заготовку по трем показателям точности, нужно установить значения коэффициентов уточнения, которые необходимо обеспечить на технологических переходах. В данном случае, коэффициенты уточнения по диаметральному размеру ε_d , по форме ε_ϕ , и по шероховатости ε_u будут иметь следующие величины:

$$\varepsilon_d = \frac{280}{2} = 140 \quad \varepsilon_\phi = \frac{100}{2} = 50 \quad \varepsilon_u = \frac{40}{2} = 20$$

Исходя из полученных данных, выбираются методы обработки, позволяющие достичь заданную точность поверхности детали по каждому показателю качества.

Из разницы значений уточнения следует, что для достижения точности цилиндрической поверхности валиков придется выполнить обработку за несколько технологических переходов, так как современное технологическое оборудование не позволяет обеспечить уточнение в 140 раз.

Анализ известных методов обработки для получения заданной шероховатости показывает, что для достижения параметра ($Ra < 2$ мкм) можно воспользоваться методами суперфиниширования или притирки.

Суперфиниширование, обеспечивая требуемую шероховатость поверхности, практически не позволяет получить требуемое уточнение размера $e_d = 140$.

Притирка в отличие от суперфиниша позволяет получить не только требуемую шероховатость поверхности, но также точность размера и формы в пределах требуемых допусков. Это возможно при условии, что поступающие на притирку детали имеют припуск на обработку не более 5...20 мкм на диаметр (для стали) при отклонениях формы в пределах допуска $T_{\phi 3} = 15$ мкм. Другими словами, притирка экономично может дать меньшее значение коэффициента уточнения:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\phi 3}}{T_d} = \frac{15}{2} = 7,5$$

Сопоставляя эту величину ($\varepsilon_1 = 7,5$) с требуемой ($\varepsilon_d = 140$) видим, что осуществить переход от заготовки к готовой детали путем одного метода обработки не представляется возможным. Необходимо найти еще один или несколько методов обработки, которые обеспечили бы получение оставшейся величины уточнения:

$$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_1} = \frac{140}{7,5} = 18,6$$

Таким образом, надо включить в процесс изготовления валиков как минимум ещё один предварительный технологический переход.

Для обработки крупной партии калиброванных валиков в качестве высокопроизводительного метода следует принять бесцентровое шлифование, которое при заданном припуске может обеспечить точность диаметра в пределах 100 мкм.

Отсюда получим величину уточнения:

$$\varepsilon_3 = \frac{280}{100} = 2,8$$

Тогда в результате осуществления двух технологических переходов получим суммарную величину уточнения:

$$\varepsilon_4 = \varepsilon_1 \times \varepsilon_3 = 7,5 \times 2,8 = 21$$

Поскольку, суммарная величина уточнения должна быть равной 140, следовательно, между притиркой и бесцентровым шлифованием необходимо ввести еще один технологический переход. Например, предварительную притирку, обладающую возможностью обеспечить определенную величину уточнения:

$$\varepsilon_5 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_4} = \frac{140}{21} = 6,8$$

Такое решение возможно при условии, если заготовки, поступающие на предварительную притирку, имеют отклонение по диаметральному размеру не более 100 мкм, что обеспечивается предшествующим бесцентровым шлифованием.

Таким образом, для достижения заданной точности валиков необходимо осуществить три технологических перехода: бесцентровое шлифование, предварительную притирку и окончательную притирку, которые обеспечат требуемое уточнение:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \times \varepsilon_3 \times \varepsilon_5 = 7,5 \times 2,8 \times 6,8 = 142,8$$

Из приведенного примера видна связь между технологическими переходами и обоснованностью их последовательности при достижении всех показателей точности цилиндрической поверхности валиков.

При изготовлении всех поверхностей детали необходимо принимать во внимание взаимное влияние технологических переходов по их изготовлению. Взаимное влияние технологических переходов объясняется также возникновением остаточных напряжений и деформацией заготовок.

Например, при обработке резанием в случае съема больших припусков в заготовке могут возникнуть значительные внутренние напряжения, которые при осуществлении последующих технологических переходов перераспределяются, вызывая собственные деформации заготовки, изменяющие ее геометрию, см. рис.1.

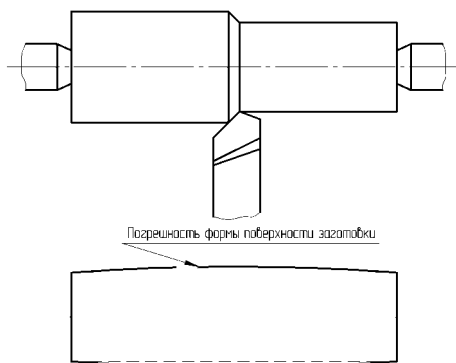


Рисунок 1 – Возможная погрешность формы поверхности заготовки в результате её упругой деформации при обработке

При этом, достигнутая на первых технологических переходах геометрическая точность теряется. В зависимости от конструкции заготовки и ее материала, а также от уровня действовавшей силовой нагрузки, отклонения геометрии заготовки могут вызвать погрешность обработки больше заданной величины допуска.

В таких случаях, удаление всего припуска следует осуществлять за несколько технологических переходов. Если и в этом случае погрешности вызванные деформациями заготовки оказываются больше заданного допуска или существенно снижается производительность обработки, то перед окончательной обработкой следует ввести технологический переход по снижению или выравниванию остаточных напряжений посредством старения. Затем необходимо обработать технологические базы, от которых обрабатываются поверхности, для устранения погрешностей вызванных деформациями заготовки. Только после этого следует производить окончательную обработку поверхностей.

Такая же картина наблюдается, когда в техпроцесс включены технологические переходы, связанные с достижением заданного качества поверхностного слоя и структуры материала заготовки.

В этих случаях применяются технологические переходы, базирующиеся на различных методах упрочнения и термической обработки. Воздействие этих методов сопровождается высокими усилиями и температурами с теми же последствиями. Снижение их влияния на достижение качества детали осуществляется или уменьшением их воздействия или компенсацией возникших погрешностей.

Выбор и обоснование методов обработки всех поверхностей детали производится на основании технических требований чертежа детали, формы поверхностей, качества заготовки, типа производства. При назначении метода обработки следует стремиться к тому, чтобы одним и тем же методом обрабатывалось возможно большее количество поверхностей заготовки. Это позволяет проектировать операции с максимальным совмещением обработки отдельных поверхностей, сокращать общее количество операций, длительность цикла обработки, повышать производительность и точность обработки заготовки.

При выборе метода обработки рекомендуется пользоваться приведенными справочными таблицами экономической точности обработки, в которых содержатся сведения о технологических возможностях различных методов обработки.

Необходимо учитывать, что значения средней экономической точности и шероховатости даны при определенной и обязательной последовательности переходов обработки. Например, развертывание после сверления и зенкерования, шлифование – после чистового точения и т.п. Таким образом, для получения требуемой точности и качества поверхностей заготовка должна пройти ряд технологических систем. Например, для получения отверстия по 7 качеству точности и шероховатости $Ra=1,25$ мм можно применить последовательно сверление, зенкерование и два развертывания или сверление и протягивание и т.д.

В тех случаях, когда требуемая точность поверхности может быть достигнута разными методами обработки или разными их сочетаниями, следует выбирать наиболее короткий, производительный и экономичный вариант обработки.

После выбора методов обработки по справочным данным, необходимо проверить число переходов, которые обеспечивают заданную точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, по величине требуемого уточнения.

Значения расчетной величины уточнения на отдельном переходе механической обработки можно определить на основе рекомендаций [1] и с учётом реальных возможностей современных технологических систем (этот показатель может изменяться). Точность на черновом переходе при обработке сталей обычно повышается на 1...3 качества точности размера или на 1...3 степени точности формы и расположения поверхности (при обработке чугунов и цветных металлов – на 2...4 качества или степени точности). Точность на каждом чистовом или отделочном переходе при обработке сталей повышается на 1...2 качества или степени точности (при обработке чугунов и цветных металлов на 2...3 качества или степени точности).

Единая система допусков и посадок (ЕСДП) построена так, что для одного интервала номинальных размеров допуски в соседних качествах и степенях точности отличаются в 1,6 раза. Поэтому, расчетные величины уточнений будут равны:

– для сталей: $\varepsilon_1=1,6 \dots 1,6^3 = 1,6 \dots 4,1$; $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \dots \varepsilon_n = 1,6 \dots 1,6^2 = 1,6 \dots 2,56$

– для чугунов и цветных металлов: $\varepsilon_1 = 1,6^2 \dots 1,6^4 = 2,56 \dots 6,55$;

$\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \dots \varepsilon_n = 1,6^2 \dots 1,6^3 = 2,56 \dots 4,1$.

Следует так же учесть, что термическая обработка ухудшает точность поверхности на 1...2 степени точности.

Допускаемые отклонения для горячекатаного проката, комбинированного проката, отливок из серого чугуна, цветных металлов и стали, поковок получаемых свободной ковкой на прессах и молотах, а также получаемых штамповкой – принимаются по ГОСТ 26645-85, [2].

На начальном этапе необходимо выбрать несколько вариантов маршрута обработки, удовлетворяющих заданным условиям. После выбора методов обработки по справочным данным, необходимо проверить число переходов, которое обеспечит заданную точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей по величине требуемого уточнения.

Требуемая величина уточнения определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\delta_{ЗАГ}}{\delta_{ДЕТ}} \quad (1)$$

где: ε – требуемая величина уточнения; $\delta_{ЗАГ}$ – допуск размера, формы, или расположения поверхностей заготовки; $\delta_{ДЕТ}$ – допуск размера, формы, или расположения поверхностей детали.

Для выбранных маршрутов обработки необходимо определить расчётные величины уточнения по формуле:

$$\varepsilon_{У.РАСЧ.} = \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3 \times \dots \times \varepsilon_n \quad (2)$$

где: $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_n$ – величины уточнения по каждому переходу или операции, которые определяются в соответствии с формулой (1) отношением величины допуска на размер предшествующего перехода или операции, к допуску получаемому на рассматриваемой операции или переходе.

Допуск, получаемый после каждого технологического перехода δ_i , определяется по справочным таблицам.

После определения коэффициентов уточнения принимаются их значения входящие в заданные диапазоны, и определяется их произведение. Если количество и характер переходов выбраны правильно, то должно соблюдаться условие: $\varepsilon < \varepsilon_{у.расч}$.

Ход выполнения работы

1. Выбрать не менее двух вариантов из группы методов обработки заданной поверхности.
2. По справочным таблицам определить допустимые отклонения размера обрабатываемой поверхности для каждого технологического перехода.
3. Определить требуемую величину уточнения.
4. Определить величины уточнения для каждого технологического перехода обработки.
5. Определить расчётную величину уточнения для каждого выбранного маршрута.
6. Проверить выполнение условия: $\varepsilon < \varepsilon_{у.расч}$.
7. Разработать алгоритм оптимизации маршрута обработки. Составить блок-схему.
8. Разработать программу выбора методов обработки на основании расчёта величины уточнения. Программу реализовать в редакторе Microsoft Office Excel (или с помощью языка программирования по согласованию).

Рекомендации по разработке программы

В исходных данных должны быть указаны переменные параметры расчёта. Блок исходных данных должен быть удобным для чтения, ввода параметров и их изменения. В исходных данных необходимо указать группу обрабатываемого материала (достаточна градация “Сталь/Чугун”), а также тип обрабатываемой поверхности – “Наружная” или “Внутренняя”. Для удобства рекомендуется разделить программу на составные части. При этом, каждая часть (подпрограмма) должна реализовывать определённый расчётный этап. Результат работы каждой части программы (подпрограммы) должен обеспечивать получение необходимых данных для дальнейших расчётов.

В первой части программы целесообразно запрограммировать выбор допустимого отклонения размера и качества в зависимости от величины диаметра. Так как, предлагаемая методика основана на расчёте отношений стандартных величин допусков размеров, рекомендуется предварительно выполнить проверку принадлежности вводимой величины допуска к стандартному ряду. Если обнаружится отклонение величины допуска от стандартного значения, необходимо запрограммировать выбор ближайшего стандартного из таблицы 1. В результате работы этой подпрограммы получим номер качества и допустимое стандартное отклонение размера поверхности для заготовки и для детали.

Вторая часть программы будет зависеть от: а) величины обрабатываемого размера; б) допустимого отклонения размера поверхности заготовки; в) допустимого отклонения размера поверхности детали; г) типа обрабатываемой поверхности (наружная или внутренняя); д) материала заготовки (сталь или чугун). Следует также учесть, что обработку отверстий небольшого размера можно выполнять стержневым инструментом, а отверстия большого диаметра можно обрабатывать растачиванием, шлифованием, хонингованием, раскаткой и др.

Вторую часть программы рекомендуется разделить на ряд подпрограмм. Например, отдельно выполняется расчёт для стали, отдельно – для чугуна. В пределах каждого элемента расчёта могут быть выделены отдельно расчётные ветви: для наружных и внутренних поверхностей, а для внутренних поверхностей также и по размеру – для малых и для больших диаметров.

В третьей части программы выполняется выбор результата расчётов по всем пунктам на основании заданной целевой функции.

Рекомендуется расчётные блоки размещать на отдельных листах рабочей книги и делать их не видимыми. Видимую часть программы необходимо оформить с точки зрения удобства пользования. Пример оформления видимой части программы в Excel показан на рисунке 2.

Таблица 1 – Размерный ряд и величины допусков размеров по квалитетам

Диапазоны размеров	Величины допустимых отклонений размеров по квалитетам												
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17
3...6	0,005	0,008	0,012	0,018	0,03	0,048	0,075	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2
6...10	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5
10...14	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,07	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8
14...18	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,07	0,11	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8
18...24	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1
24...30	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1
30...40	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,1	0,16	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5
40...50	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,1	0,16	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5
50...65	0,013	0,019	0,03	0,046	0,074	0,12	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3
65...80	0,013	0,019	0,03	0,046	0,074	0,12	0,19	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3
80...100	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,14	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5
100...120	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,14	0,22	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5
120...140	0,018	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4
140...160	0,018	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4
160...180	0,018	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4
180...250	0,02	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,29	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6
250...315	0,023	0,032	0,052	0,081	0,13	0,21	0,32	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2
315...400	0,025	0,036	0,057	0,089	0,14	0,23	0,36	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7

Для удобства рекомендуется предварительно выполнить кодирование различных состояний и все последующие действия производить с кодами. На конечном этапе выполнить декодирование и результат представить в виде текста. Например, чтобы определить, какие допуски размера обрабатываемой поверхности по квалитетам необходимо использовать в расчётах, удобно сначала определить к какому диапазону размеров относится расчётный диаметр. В соответствии с таблицей 2, всего можно выделить 11 размерных диапазонов. Если данные о диаметральном размере содержатся в ячейке G2 (пусть $d=35$), фрагмент логической формулы будет:

=ЕСЛИ(И(G2>=3;G2<6);1;ЕСЛИ(И(G2>=6;G2<10);2;ЕСЛИ(И(G2>=10;G2<18);3;ЕСЛИ(И(G2>=18;G2<30);4;ЕСЛИ(И(G2>=30;G2<50);5;ЕСЛИ(И(G2>=50;G2<80);6;ЕСЛИ(И(G2>=80;G2<120);7;0))))))))) и т.д.

В результате получим значение размерного диапазона – 5.

Далее необходимо написать логическую формулу выбора величины допуска для каждого квалитета по известному номеру диапазона размеров:

=ЕСЛИ(F28=1;Q8;ЕСЛИ(F28=2;Q9;ЕСЛИ(F28=3;Q10;ЕСЛИ(F28=4;Q12;ЕСЛИ(F28=5;Q14;ЕСЛИ(F28=6;Q16;ЕСЛИ(F28=7;Q18;0)))))))))

Таким образом, для любого вводимого размера, автоматически будут определены допуски по всем квалитетам от IT5 до IT17. Полученные величины допусков будут затем использоваться при определении коэффициентов уточнения.

**ПРОГРАММА ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТАРНОГО МАРШРУТА ОБРАБОТКИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ УТОЧНЕНИЯ**

Разработал: Кудрицкий Я. В.

Входные параметры			
→ Обрабатываемый диаметр	d=	45 мм	Если нет допуска, укажите квалитет
→ Допуск размера поверхности заготовки	δ =	мм	→ Квалитет IT 16
→ Допуск размера поверхности детали	δ =	мм	→ Квалитет IT 6

Уточнённые стандартные величины допусков размеров поверхности заготовки и детали, мм по СЭВ 144-75

$\delta_{заг}$ =	1,6 мм	Квалитет IT	16
$\delta_{дет}$ =	0,016 мм	Квалитет IT	6

→ Тип обрабатываемой поверхности (Наружная - код=1, Внутренняя - код=2)	1 - Наружная цилиндрическая поверхность
→ Обрабатываемый материал (Сталь - код=1, Чугун - код=2)	1 - Обрабатываемый материал - Сталь

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ МАРШРУТ ОБРАБОТКИ

Общее количество переходов - 6 (Расчётное количество)

переход/операция №1	
Точение черновое. Точность IT14.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,62
переход/операция №2	
Точение полу-чистовое. Точность IT12.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,25
переход/операция №3	
Точение чистовое. Точность IT10.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,1
переход/операция №4	
Шлифование предварительное. Точность IT9.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,062
переход/операция №5	
Шлифование чистовое. Точность IT7.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,025
переход/операция №6	
Шлифование чистовое точное или тонкое. Точность IT6.	
Точность размера после выполнения перехода, мм -	0,016

Рисунок 2 – Вариант оформления видимой части программы в Excel.

Целесообразно кодировать элементарные технологические переходы. Например, при обработке стали, учитывая, что точность поверхности заготовки может варьировать от IT14 до IT17, для первого технологического перехода определим 4 кода: 111, 112, 113, 114. В данном случае, выбор количества вариантов основан на принятом ранее условии по коэффициенту уточнения (ε), а в общем, эта величина может изменяться. В этих кодах первая цифра означает номер выполняемого перехода, а две другие – получаемый квалитет. Затем, при организации последующих переходов, необходимо знать, какая точность размера была получена ранее. Соответственно коды второго перехода могут быть следующими: 2119, 21210, 21311, 21412, 21110, 21211, 21312, 21413 и т.д.

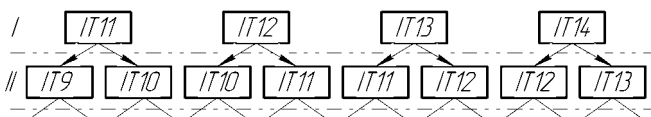


Рисунок 3 – Фрагмент схемы для определения количества вариантов технологических переходов по точности, и для их кодирования

Далее, при написании логических функций, удобно делать ссылки на числовой код, зная при этом расшифровку каждого из них (состав кодов может быть произвольным, а расшифровка должна основываться на табличных данных, см. таблицу 2). Например, фрагмент логической формулы проверки кода первого перехода и типа поверхности (предположено, что код перехода выведен в ячейку B40):

=ЕСЛИ(И(K32=1;I49>=J49);ЕСЛИ(B40=111;"Предварительное или полу-чистовое точение. Точность IT11.";ЕСЛИ(B40=112;"Предварительное или полу-чистовое точение. Точность IT12.";ЕСЛИ(B40=113;"Точение предварительное. Точность IT13.";ЕСЛИ(B40=114;"Черновое точение. Точность IT14.";"")))));B60)

Таблица 2 – Экономическая точность обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей

Обработка наружных цилиндрических поверхностей			Обработка внутренних цилиндрических поверхностей		
Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости	Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости
Обтачивание черновое	14	Ra10...Ra20	Сверление	14...12	Ra10...Ra20
Обтачивание однократное	13...12	Ra10...Ra6,3	Сверление и зенкерование	11	Ra6,3...Ra3,2
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое	10...10	Ra6,3...3,2Ra	Сверление и развёртывание	9...8	Ra3,2...Ra1,6
			Сверление и протягивание	9...8	Ra3,2...Ra0,4
Обтачивание однократное Шлифование однократное	10...8	Ra1,25	Сверление, зенкерование и однократное развёртывание	9...8	Ra1,6...Ra0,8
			Сверление и двукратное развёртывание	8...7	Ra1,6...Ra0,4
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование однократное	8...6	Ra1,25...Ra0,8	Сверление, зенкерование и двукратное развёртывание	8...7	Ra0,8...Ra0,4
			Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	Ra0,8...Ra0,4
			Сверление, протягивание и калибрование	8...7	Ra0,8...Ra0,4
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Обтачивание тонкое	7...6	Ra1,25...Ra0,8	В заготовках с отверстием		
			Рассверливание	14...12	Ra0,8...Ra0,4
			Зенкерование или растачивание	12	Ra1,25...Ra6,3
			Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	Ra1,25...Ra6,3
Обтачивание однократное Шлифование предварительное Шлифование чистовое	7...6	Ra0,4	Зенкерование и растачивание	9...8	Ra6,3...Ra3,2
			Зенкерование или растачивание и развёртывание	9...8	Ra3,2...Ra1,6
			Двукратное зенкерование и развёртывание или двукратное растачивание и развёртывание	9...8	Ra1,6...Ra0,8
			Зенкерование или растачивание и двукратное развёртывание	8...7	Ra0,8...Ra0,4
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое	6	Ra0,4	Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развёртывание или тонкое растачивание	8...7	Ra0,8...Ra0,4
			Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	Ra0,8...Ra0,2
			Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8...7	Ra0,1...Ra0,05
			Протягивание и шлифование	8...7	Ra0,8...Ra0,2
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование тонкое	6...5	Ra0,4	Растачивание предварительное, Растачивание чистовое, Шлифование предварительное Шлифование чистовое Шлифование тонкое	7...6	Ra0,2...Ra0,1
			Примечание: приведённые в таблице сочетания методов обработки не являются фиксированными. Могут быть другие варианты, что зависит от конкретных производственных условий и от совершенства технологических систем.		
Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое Шлифование предварительное Шлифование чистовое Шлифование тонкое	5	Ra0,2...Ra0,1			

Лабораторная работа №3

Разработка алгоритма выбора типоразмера токарного резца в зависимости от условий обработки и тепловой деформации

Цель работы: разработать алгоритм расчета тепловой деформации токарного резца и formalизовать выбор размеров державки инструмента из стандартного ряда для обработки наружной цилиндрической поверхности с заданной точностью.

Краткие теоретические сведения

При обработке деталей, кроме необходимого для формирования поверхности движения инструмента, возникают дополнительные смещения заготовки и инструмента относительно номинального положения. В результате обработанная поверхность будет иметь размеры, форму и расположение, отличающиеся от заданных.

Смещения отсчитывают от определенной базы (так называемой поверхности отсчета) в установленном направлении. Обычно систему отсчета связывают с номинальной обрабатываемой поверхностью. Для удобства за поверхность отсчета также можно принимать поверхность, расположенную эквидистантно относительно номинальной. Например, при анализе погрешностей обработки поверхностей вращения за поверхность отсчета принимают идеально расположенную ось детали.

Появление дополнительных смещений элементов технологической системы связано с действием на систему различных тепловых, силовых и иных факторов. Элементарные погрешности обработки характеризуют смещения одного или нескольких элементов технологической системы под влиянием одного или нескольких факторов.

Различают следующие основные погрешности:

$\Delta \epsilon_y$ - установки заготовок в приспособлении с учетом колебания размеров баз, контактных деформаций установочных баз заготовки и приспособления, точности изготовления и износа приспособления;

Δy - колебания упругих деформаций технологической системы под влиянием неустойчивости нагрузок (сил резания, сил инерции и др.), действующих в системе переменной жесткости;

Δn - наладки технологической системы на выдерживаемый размер с учетом точностной характеристики применяемого метода наладки;

Δi - в результате размерного износа режущего инструмента;

$\Sigma \Delta_{ст}$ - станка, влияющие на выдерживаемый параметр, с учетом износа станка за период эксплуатации;

$\Sigma \Delta_t$ - колебания упругих объемных и контактных деформаций элементов технологической системы вследствие их нагрева при резании, трения подвижных элементов системы, изменения температуры в цехе.

Такое представление об элементарных погрешностях является условным и обосновано главным образом удобством их расчета. В некоторых случаях можно определять отдельно погрешности, влияющие на точность обработки. Погрешность измерения в общем случае учитывают в составе погрешности наладки, но при значительном влиянии на общую погрешность ее также рассматривают отдельно. На суммарную погрешность обработки могут влиять также остаточные напряжения от предшествующей обработки или присущие данной операции факторы (например, скорость и продолжительность съема материала при чистовых и отделочных операциях).

Как уже отмечалось, одной из составляющих общей погрешности обработки является погрешность, связанная с температурными деформациями компонентов технологической системы. Укрупненно можно принять величину погрешности, вызванной температурными деформациями приблизительно 10%...15% от общей погрешности обработки. Если исходить из того, что общая погрешность обработки $\Sigma \Delta$ не должна превышать величину допуска $\Delta_{доп}$ на обрабатываемый размер, то с учетом гарантированного обеспечения точности обрабатываемой

поверхности, укрупнённо можно принять величину общей погрешности обработки $\Sigma\Delta \leq 0,5\delta_{обр}$. Тогда с учётом принятых допущений общая погрешность от тепловых деформаций не должна превышать величины $\Sigma\Delta_{ТЕПЛ} \leq (0,15 \times 0,5\delta_{обр})$, т. е., $\Sigma\Delta_{ТЕПЛ} \leq 0,075\delta_{обр}$.

При разработке программы необходимо также учесть особенности изменения температуры резания в зависимости от обрабатываемого материала и режимов обработки. Поскольку одной из важнейших характеристик инструментальных материалов является их теплостойкость, то при выборе определённой марки инструментального материала необходимо соизмерить его красностойкость с расчётной температурой резания.

Ход работы

1. Составляется общий план вычислений. Определяется группа исходных данных, которые будут являться переменными величинами, влияющими на конечный результат расчётов и оптимизации.

2. Определяется группа постоянных величин. Данную группу параметров удобно оформить в виде базы данных (удобно в виде таблиц).

3. Составляется блок-схема программы, определяющая алгоритм её работы. Для удобства проверки работоспособности программы и её редактирования, расчётные блоки рекомендуется разделить на несколько групп, в пределах которых будут решаться отдельные задачи.

3.1. Определяется температура резания по эмпирическим формулам. При обработке стальных заготовок применяется формула (1), при обработке чугунных заготовок – (2):

$$\Theta = C_{\Theta} \cdot v^{0,4} \cdot t^{0,05} \cdot s^{0,2} \quad (1)$$

$$\Theta = C_{\Theta} \cdot v^{0,36} \cdot t^{0,03} \cdot s^{0,133} \quad (2)$$

где: v , t , s – соответственно скорость, глубина резания и подача, принимаемые по справочнику в зависимости от определенных условий; C_{Θ} – коэффициент, учитывающий конкретные особенности обработки. Как известно, практически вся механическая энергия при резании преобразуется в тепловую. Поэтому, имея возможность оценить силовое взаимодействие в зоне резания, можно ориентировочно определить количество теплоты резания и среднюю температуру на контактных поверхностях инструмента, стружки и заготовки. Одними из наиболее характерных показателей обрабатываемости конструкционных материалов являются их твёрдость и прочность. В таблицах 1 и 2 приведены зависимости уточняющего коэффициента C_{Θ} от предела прочности σ_B для сталей и чугунов.

Значения предела прочности обрабатываемого материала, являющиеся переменными величинами, предварительно надо связать функциональной зависимостью с коэффициентом C_{Θ} .

После определения температуры резания для определённых условий, необходимо соизмерить с ней допустимые пределы красностойкости (теплостойкости) и на основании проверки выбрать материал для режущей части инструмента. Значения теплостойкости инструментальных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 1 – Зависимость коэффициента C_{Θ} от предела прочности σ_B сталей

σ_B , МПа	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
C_{Θ}	76	98	109	121	137	145	150	154	159,5	162	165	167	169	172	175	177	181

Таблица 2 – Зависимость коэффициента C_{Θ} от предела прочности σ_B для чугунов

σ_B , МПа	100	150	180	170	180	200	210	240	220	230	240	250	300	350	400	450	500	600
C_{Θ}	101	112	121	129	133	139	148	150	155	158	162	164	165	167	168,5	169	171	185

Таблица 3 – Значение теплостойкости инструментальных материалов

Тип инструментального материала	Теплостойкость, °С
1. Углеродистые инструментальные стали	200...250
2. Низколегированные инструментальные стали	250...400
3. Быстрорежущие инструментальные стали	↓
3.1 Нормальной теплостойкости	400...650
3.2 Повышенной теплостойкости	650...670
3.3 Высокой теплостойкости	670...720
4. Твёрдые сплавы	720...1000

3.2. Определяется средняя величина температурной деформации инструмента ΔL , мкм, и проверяется допустимость погрешности, связанной с этой деформацией, $\Delta L \leq 0,075 \delta_{\text{обр}}$. Величину температурной деформации резца укрупнённо можно определить по формуле:

$$\Delta L = 10 \cdot C \cdot \left(\frac{L}{F} \right) \cdot \sigma_B^{-1} \cdot (t \cdot s)^{0,75} \cdot v^{0,5} \cdot \left(1 - e^{\frac{-T_0}{4}} \right) \quad (3)$$

где: C – коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки, значения коэффициента C приведены в таблице 4; L – вылет резца, мм, ориентировочно можно принять $L = L_{\text{ГАБАРИТ}}$; F – площадь поперечного сечения державки резца, мм²; σ_B – предел прочности материала державки, МПа (можно принимать для стали 45 $\sigma_B = 610$ МПа); t – глубина резания, мм; s – подача, мм/об; v – скорость резания, м/мин; T_0 – основное время работы инструмента (в данном случае учитываются вспомогательные ходы и перерывы во время которых инструмент охлаждается).

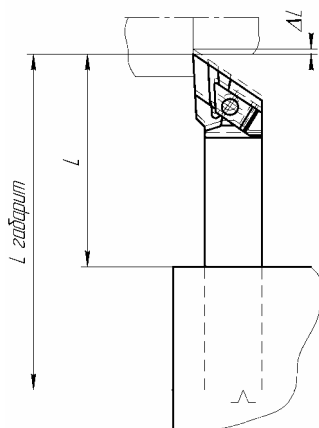


Рисунок 1 – Схема к определению величины температурной деформации резца

Таблица 4 – Значения коэффициента C для расчёта средней величины температурной деформации инструмента

Произведение $t \times s \times v \rightarrow$	$<<10$	$\leq 10 \dots < 30$	$\leq 30 \dots < 60$	$\leq 60 \dots < 90$	$\leq 90 \dots < 120$	$\leq 120 \dots < 150$
Величина коэффициента C	30	32	43	46	48	50

3.3. На основании расчёта п. 3.2 производится выбор типоразмера резца. Для этого удобно составить сводную таблицу типоразмеров резцов, и в программе по умолчанию организовать цикл проверки выполнения условия $\Delta L \leq 0,075 \delta_{\text{обр}}$, начиная с инструмента у которого наименьшее соотношение длины вылета к площади сечения державки. После достижения соотношения $\Delta L \leq 0,075 \delta_{\text{обр}}$ цикл проверки заканчивается и как результат на экран

выводится текстовое сообщение с указанием ГОСТа и габаритов инструмента (можно в произвольной форме).

3.4. Для удобства пользования программой необходимо предусмотреть рациональное оформление расчётной, справочной и титульной частей (произвольно).

3.5. После разработки программы, расчётные блоки проверяются с конкретными значениями, при необходимости вносятся изменения и дополнения, после чего программа окончательно оформляется в редакторе Microsoft Excel.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Конструктивные параметры токарных проходных резцов, мм ГОСТ18878-73

№ п/п	H	B	L	Соотношение размеров*	
1	16	10	100	16000	0,625
2	20	12	120	28800	0,5
3	20	16	120	38400	0,375
4	25	16	140	56000	0,35
5	32	20	170	108800	0,265625
6	32	25	170	136000	0,2125
7	40	25	200	200000	0,2

* - параметры для формализации расчета

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вопросы к экзамену по дисциплине САПР ТП

1. САПР как объект проектирования – общие положения. Понятия: автоматизация проектирования; объект проектирования; проектное решение; проект; проектирование; входные и выходные данные; модели; программное обеспечение.
2. Основные принципы при создании САПР – системное единство; типизация; развитие. Общие признаки современных САПР.
3. Состав и структура САПР. Виды подсистем (проектирующие, обслуживающие), их назначение.
4. Понятие “Комплекс средств автоматизированного проектирования (КСАП)”. Назначение КСАП. Виды КСАП (обзорно). Структурные части комплексов средств.
5. Программно-методические комплексы (ПМК). Их подвиды. Проблемно-ориентированные ПМК. Объектно-ориентированные ПМК.
6. Общесистемные ПМК. Их состав и назначение. (Мониторные СУ, СУБД, информационно-поисковые системы, средства машинной графики, подсистемы обеспечения диалогового режима).
7. Программно-технические комплексы (ПТК). Их подразделения. Назначение.
8. Вычислительные сети. Их подразделение на уровни. Назначение уровней.
9. Виды обеспечения САПР. Математическое и информационное обеспечение.
10. Виды обеспечения САПР. Программное и лингвистическое обеспечение.
11. Виды обеспечения САПР. Техническое, методическое и организационное обеспечение.
12. Классификация САПР. Цель классификации. Классификация по типу объектов проектирования и разновидности объектов проектирования.
13. Классификация САПР по сложности объекта проектирования и по уровню автоматизации проектирования.
14. Классификация САПР по комплектности проектирования, по выпускаемым проектным документам и их количеству.
15. Классификация САПР по числу уровней в структуре технологического обеспечения и по ориентированности проектирования.
16. САПР конструирования изделий (CAD – Computer Aided Design and Computer Aided Engineering). Примеры программ, назначение.
17. САПР технологии изготовления (Автоматизированные системы технологической подготовки производства – Computer Automated Process Planning (CAPP), and Computer Aided Manufacturing (CAM), and Computer Aided Quality Control (Системы управления качеством), and Production Planning System (PPS) – российский аналог АСУП). Назначение. Примеры программ.
18. Понятие интеграции САПР. Схема полной интеграции (Computer Integrated Manufacturing – CAM).

19. Иерархия процесса проектирования. Иерархические уровни. Уровни абстрагирования и аспекты проектирования.
20. Организация процесса проектирования. Сетевая модель процесса проектирования (показать схему сетевой модели).
21. Технологическая схема процесса проектирования. Основные понятия (информационные множества, шаблоны, классы состояния).
22. Проектирование аппаратно-программного комплекса информационно-вычислительной системы (АПК ИВС).
23. Системотехническая деятельность при создании САПР. Работоспособность, качество функционирования и эффективность САПР. Понятие “Метасистема”. Общие положения.
24. Типы проектирования САПР (индивидуальное, типовое), и их назначение.
25. Математическое моделирование при создании САПР. Понятие “адекватная модель”. Преимущества математического моделирования.
26. Виды математических моделей. Функциональные модели, их характеристика и назначение.
27. Виды математических моделей. Структурные модели, их характеристика и назначение.
28. Виды математических моделей. Имитационные модели, их характеристика и назначение.
29. Типовые решения при проектировании механической обработки. Особенности проектирования в технологии машиностроения. Уровни типовых решений. Общие понятия.
30. Типовые решения при проектировании механической обработки. Типизация при обработке отдельных поверхностей.
31. Типовые решения при проектировании механической обработки. Типизация на уровне обработки детали в целом.
32. Методики автоматизированного проектирования. Общая схема выбора. Метод прямого проектирования.
33. Методики автоматизированного проектирования. Метод анализа. Порядок реализации метода.
34. Методики автоматизированного проектирования. Метод синтеза. Порядок реализации метода. Общие положения. Привести пример функции $M_i : C_{i-1} \rightarrow C_i$ в виде графа для произвольной поверхности.
35. Методики автоматизированного проектирования. Порядок реализации метода синтеза на примере конкретной детали. Выбор допустимых вариантов МОП с помощью таблиц соответствий.
36. Понятие “Принципиальная схема технологического процесса”. Привести пример.
37. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D – V18... (по выбору). Возможности системы. Общие положения. Возможности интеграции с САПР технологических процессов (от версии V18).

38. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D. Прикладные библиотеки. Библиотека планировок цехов. Возможности, общие принципы работы с библиотекой.
39. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D. Прикладные библиотеки. Расчёт и построение. КОМПАС SHAFT 2D. Возможности, общие принципы работы с библиотекой.
40. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D. Прикладные библиотеки. Расчёт и построение. КОМПАС SPRING. Возможности, общие принципы работы с библиотекой.
41. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D. Прикладные библиотеки. Библиотека расчёта размерных цепей. Возможности, общие принципы работы с библиотекой.
42. Система трёхмерного твёрдотельного моделирования КОМПАС 3D. Прикладные библиотеки. Конструкторская библиотека. Возможности, общие принципы работы с библиотекой.
43. САПР технологических процессов на примере модуля ВЕРТИКАЛЬ V-3. Общие принципы работы с программой.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

**Учебная программа дисциплины
«Развитие САПР технологических процессов»**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:
7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении»**

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

_____М.В. Нерода

« ____ » _____ 2023

Регистрационный № УД-_____/уч.

Развитие САПР технологических процессов

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении»

2023

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта Республики Беларусь ОСВО 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении» и на основании примерного учебного плана № 7-06-07-023/пр., утвержденного 30.01.2023

СОСТАВИТЕЛЬ:

Я.В. Кудрицкий, старший преподаватель кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Котыло А. А., начальник технического отдела Унитарного Предприятия «Гефест-Кварц»

Голуб В.М., заведующий кафедрой «Машиноведение», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

Заведующий кафедрой _____ С.В. Монтик

(протокол № 11 от 17.05.2023)

Методической комиссией машиностроительного факультета

Председатель методической комиссии _____ В.П. Горбунов

(протокол № ____ от ____ . ____ .2023)

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № ____ от ____ . ____ .2023)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Развитие САПР технологических процессов» - прикладная инженерная дисциплина, в которой изучаются инструменты типовых программных модулей для автоматизации технологической подготовки производства в машиностроении.

Целью изучения дисциплины является ознакомление магистрантов с этапами автоматизированного проектирования в машиностроении при использовании современных САПР. Изучение возможностей интеграции программных модулей CAD/CAPP/CAM.

Задачей изучения дисциплины «Развитие САПР технологических процессов» является углубленное изучение приёмов работы с прикладными программами машиностроительного профиля. Овладение методиками автоматизированного проектирования в машиностроении. Умение выполнять типовые этапы конструкторской и технологической подготовки машиностроительного производства с помощью САПР.

В результате изучения дисциплины магистранты должны:

знать:

- основные принципы создания компьютерно-интегрированного производства;
- основные программные модули, применяемые для автоматизированного проектирования в машиностроении, их назначение;
- особенности параметрического проектирования в машиностроении;
- типовые программные комплексы для реализации проектных задач в машиностроении на примере программных продуктов компаний: Dassault Systemes, ТопСистемы, АСКОН; Autodesk, и др.;
- основные принципы выполнения инженерных расчётов и программирования в табличном редакторе Microsoft Office Excel.

уметь:

- выполнять расчёты типовых инженерных задач с помощью табличного редактора Excel с элементами программирования;
- выполнять 3D моделирование в графическом редакторе КОМПАС 3D, SOLIDWORKS с элементами параметризации моделей;
- выполнять параметрические 3D сборки в графическом редакторе КОМПАС 3D, SOLIDWORKS;
- получать комплекты ассоциативных рабочих, сборочных чертежей и спецификаций;
- выполнять разработку технологических процессов механической обработки и сборки с помощью САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, Time Line;

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

СК-1. Применять современные языки программирования, интеллектуальные системы, САПР технологических процессов для проектирования современных машин и технологической оснастки с использованием вычислительной техники.

В соответствии с учебным планом, на изучение дисциплины «Развитие САПР технологических процессов» отводится 110 часов, в том числе:

дневная форма обучения - 48 часов аудиторных занятий (30 часов лекций и 18 часов лабораторных занятий);

заочная форма обучения - 12 часов аудиторных занятий (6 часов лекций и 6 часов лабораторных занятий).

Форма итогового контроля - экзамен.

План учебной дисциплины для дневной формы получения образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные	Практические занятия	Семинары		
7-06-0714-02	Инновационные технологии в машиностроении	1	1	110	3	48	30	18	–	–	–	Экзамен 1 семестр.

План учебной дисциплины для заочной формы получения образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Семинары		
7-06-0714-02	Инновационные технологии в машиностроении	1	1	110	3	12	6	6	–	–	–	Экзамен 1 семестр.

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи.

Предмет курса, общие понятия. Цель и задачи изучения дисциплины. САПР как объект проектирования. Цель и задачи изучения дисциплины. Обзор типовых программ. Принципы построения современных САПР.

Тема 1. Параметрический режим работы CAD систем.

Понятие параметризация. Повышение степени гибкости различных этапов проектирования при параметризации атрибутов проекта. Параметризация графических атрибутов. Типовые способы создания параметризованных моделей и чертежей. Особенности параметрического моделирования в КОМПАС-

3D, SOLIDWORKS. Создание параметрических фрагментов, чертежей, 3D-моделей. Управление параметризированными изображениями через систему внешних переменных.

Тема 2. Параметризация графических атрибутов. Типовые способы создания параметризированных моделей и чертежей. 2D параметризация в КОМПАС – примеры построения типовых элементов. Основные приёмы работы. Задание уравнений и неравенств. Работа с таблицей переменных.

Тема 3. Особенности параметрического моделирования в КОМПАС-3D, SOLIDWORKS. Создание параметризированных 3D-моделей на примере типовых элементов. Управление параметризированными моделями через систему внешних переменных.

Тема 4. 3D сборка в КОМПАС, SOLIDWORKS. Общие положения. Основные приёмы работы при создании 3D-сборок. Понятие «сопряжение», типовые сопряжения – на примерах типовых элементов.

Тема 5. 3D сборка. Основные приёмы работы при создании параметризированных сборок в КОМПАС 3D, SOLIDWORKS. Примеры построения сборок типовых узлов.

Тема 6. 3D сборка. Особенности планирования 3D сборки. Создание 3D сборки на примере типового узла. Создание под- сборки, добавление стандартных элементов, массивы. Создание деталей в контексте сборки.

Тема 7. 3D сборка. Формирование спецификаций, расстановка позиций, связь элементов спецификации с исходными объектами, создание разделов спецификации, подключение документов. Создание ассоциативных сборочных чертежей.

Тема 8. 3D сборка. Разнесение компонентов 3D сборки, основные приемы работы. Создание анимационных роликов.

Тема 9. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Модуль ВЕРТИКАЛЬ. Назначение, интерфейс. Особенности работы с модулем. Связь с другими программами.

Тема 10. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Проектирование техпроцессов сборки с помощью модуля ВЕРТИКАЛЬ. Использование дерева комплектования при разработке техпроцессов сборки. Технологический состав изделия. Создание комплектования средствами ВЕРТИКАЛЬ.

Тема 11. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Проектирование техпроцессов механической обработки с помощью ВЕРТИКАЛЬ. Диалоговый метод с использованием Справочника технолога и Справочника Материалы и Сортаменты. Использование конструкторско-технологических элементов. Создание техпроцесса на основе техпроцесса - аналога.

Тема 12. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Формирование дерева техпроцесса.

Атрибуты дерева техпроцесса. Подключение графических атрибутов. Работа с графическими атрибутами. Настройка параметрических связей между графическими атрибутами и текстом технологии.

Тема 13. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Модуль расчета режимов резания. Особенности работы с приложением. Модуль расчета норм времени. Настройка и особенности работы с модулем. Формирование технологической документации, выбор шаблонов карт, создание комплектов технологических документов.

Тема 14. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Проектирование типовых и групповых технологических процессов с помощью САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

Тема 15. Классификация САПР. Цель классификации. Основные признаки, классифицирующие САПР. Ориентированность проектирования САПР. Системы: CAD; CAE; CAPP; CAM; PPS; CAQ; PDM. Понятие компьютерно - интегрированное производство (СІМ). Схема интеграции различных подсистем и модулей.

Тема 16. Методики автоматизированного проектирования. Метод прямого проектирования. Метод анализа. Порядок формирования баз данных для реализации метода анализа.

Тема 17. Методики автоматизированного проектирования. Метод синтеза. Порядок реализации метода синтеза. Таблицы соответствия. Принципиальная схема технологического процесса.

Тема 18. Обзор типовых CAD-CAM систем. КОМПАС ЧПУ, SOLIDWORKS/SOLIDWORKS CAM, EMCO WIN, Heidenhain. Назначение, основные принципы и приемы работы при создании управляющих программ для станков с ЧПУ.

1.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1.2.1 Лабораторная работа №1. Построение параметризованных моделей типовых деталей в КОМПАС 3D.

1.2.2 Лабораторная работа №2. Создание параметризованных сборок в КОМПАС 3D.

1.2.3 Лабораторная работа №3. Проектирование технологического процесса сборки средствами КОМПАС 3D и ВЕРТИКАЛЬ V3.

1.2.4 Лабораторная работа №4. Проектирование технологического процесса механической обработки средствами КОМПАС 3D и ВЕРТИКАЛЬ V3/(TimeLine)*.

1.2.5 Лабораторная работа №5. Реализация токарной операции в программной среде КОМПАС ЧПУ Токарная обработка.

1.2.6 Лабораторная работа №6. Реализация фрезерной операции в программной среде КОМПАС ЧПУ Фрезерная обработка.

1.2.7 Лабораторная работа №7. Реализация токарной операции в программной среде SOLIDWORKS/SOLIDWORKS CAM.

1.2.8 Лабораторная работа №8. Реализация фрезерной операции в программной среде SOLIDWORKS/SOLIDWORKS CAM.

2.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения образования

Таблица 2.1 – Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	1-й семестр						
1	Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Обзор типовых программ. Принципы построения современных САПР.	1	-	-	-	2	экзамен
2	Понятие параметризация. Повышение степени гибкости различных этапов проектирования при параметризации атрибутов проекта. Преимущества параметризованных объектов. Основные условия целесообразности создания параметризованных чертежей и фрагментов.	1	2	-	-	2	экзамен
3	CAD-система КОМПАС 3D. Параметрические возможности КОМПАС. Параметризация графических атрибутов. Основные инструменты и их назначение. Типовые способы создания параметрических моделей и чертежей.	2	2	-	-	4	экзамен
4	Параметризация графических атрибутов. Типовые способы создания параметрических моделей и чертежей. 2D параметризация в КОМПАС – примеры построения типовых элементов. Основные приёмы работы. Задание уравнений и неравенств. Работа с таблицей переменных.	2	2	-	-	4	экзамен
5	Особенности параметрического моделирования в КОМПАС-3D. Создание параметризованных 3D-моделей на примере типовых элементов. Управление параметризованными моделями через систему внешних переменных.	2	-	-	-	4	экзамен
6	3D сборка. Общие положения. Основные приёмы работы при создании 3D-сборок. Понятие «сопряжение», типовые сопряжения – на примерах типовых элементов.	2	2	-	-	4	экзамен
7	3D сборка. Основные приёмы работы при создании параметризованных сборок. Примеры построения сборок типовых узлов.	2	2	-	-	6	экзамен
8	3D сборка. Особенности планирования 3D сборки. Создание 3D сборки на примере типового узла. Создание под- сборки, добавление стандартных элементов, массивы. Создание деталей в контексте сборки.	1	-	-	-	4	экзамен
9	Формирование спецификаций, расстановка позиций, связь элементов спецификации с исходными объектами, создание разделов спецификации, подключение документов. Создание ассоциативных сборочных чертежей.	1	2	-	-	4	экзамен
10	Разнесение компонентов 3D сборки, основные приемы работы. Создание анимационных роликов.	1	-	-	-	2	экзамен
11	Модуль ВЕРТИКАЛЬ. Назначение, интерфейс. Особенности работы с модулем. Связь с другими программами.	1	-	-	-	2	экзамен
12	Проектирование техпроцессов механической обработки с помощью ВЕРТИКАЛЬ. Диалоговый метод с использованием Справочника технолога и Справочника Материалы и Сортаменты. Использование конструкторско-технологических Элементов. Создание техпроцесса на основе техпроцесса-аналога.	2	4	-	-	4	экзамен

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
13	Формирование дерева техпроцесса. Атрибуты дерева техпроцесса. Подключение графических атрибутов. Работа с графическими атрибутами. Настройка параметрических связей между графическими атрибутами и текстом технологии.	1	-			4	экзамен
14	Модуль расчета режимов резания. Особенности работы с приложением. Модуль расчета норм времени. Настройка и особенности работы с модулем. Формирование технологической документации, выбор шаблонов карт, создание комплектов технологических документов.	1	-	-	-	4	экзамен
15	Проектирование типовых и групповых технологических процессов с помощью САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.	2	-	-	-	4	экзамен
16	Классификация САПР. Цель классификации. Основные признаки, классифицирующие САПР. Ориентированность проектирования САПР. Системы: CAD; CAE; CAPP; CAM; PPS; CAQ; PDM. Понятие компьютерно - интегрированное производство (CIM). Схема интеграции различных подсистем и модулей.	2	-	-	-	2	экзамен
17	Метод прямого проектирования. Метод анализа. Порядок формирования баз данных для реализации метода анализа на примере типовой задачи.	2	-	-	-	2	экзамен
18	Метод синтеза. Порядок реализации метода синтеза. Таблицы соответствия. Принципиальная схема технологического процесса.	2	-	-	-	2	экзамен
19	Обзор типовых CAD-CAM систем. КОМПАС ЧПУ, SOLIDWORKS/SOLIDWORKS CAM, EMCO WIN, Heidenhain. Назначение, основные принципы и приемы работы при создании управляющих программ для станков с ЧПУ.	2	2	-	-	2	экзамен
	Всего часов по дисциплине	30	18	-	-	62	110

2.2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения образования

Таблица 2.2 – Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	1-й семестр						
1	Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Обзор типовых программ. Принципы построения современных САПР.	0,5	-	-	-	2	экзамен
2	Понятие параметризация. Повышение степени гибкости различных этапов проектирования при параметризации атрибутов проекта. Преимущества параметризованных объектов. Основные условия целесообразности создания параметризованных чертежей и фрагментов.	0,5	-	-	-	2	экзамен
3	CAD-система КОМПАС 3D. Параметрические возможности КОМПАС. Параметризация графических атрибутов. Основные инструменты и их назначение. Типовые способы создания параметрических моделей и чертежей.	1	2	-	-	8	экзамен

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Параметризация графических атрибутов. Типовые способы создания параметрических моделей и чертежей. 2D параметризация в КОМПАС – примеры построения типовых элементов. Основные приёмы работы. Задание уравнений и неравенств. Работа с таблицей переменных.			-	-	8	экзамен
5	Особенности параметрического моделирования в КОМПАС-3D. Создание параметризованных 3D-моделей на примере типовых элементов. Управление параметризованными моделями через систему внешних переменных.			-	-	8	экзамен
6	3D сборка . Общие положения. Основные приёмы работы при создании 3D-сборок. Понятие «сопряжение», типовые сопряжения – на примерах типовых элементов.			-	-	8	экзамен
7	3D сборка. Основные приёмы работы при создании параметризованных сборок. Примеры построения сборок типовых узлов.			-	-	6	экзамен
8	3D сборка. Особенности планирования 3D сборки. Создание 3D сборки на примере типового узла. Создание под- сборки, добавление стандартных элементов, массивы. Создание деталей в контексте сборки.			-	-	4	экзамен
9	Формирование спецификаций, расстановка позиций, связь элементов спецификации с исходными объектами, создание разделов спецификации, подключение документов. Создание ассоциативных сборочных чертежей.			-	-	4	экзамен
10	Разнесение компонентов 3D сборки, основные приемы работы. Создание анимационных роликов.			-	-	4	экзамен
11	Модуль ВЕРТИКАЛЬ. Назначение, интерфейс. Особенности работы с модулем. Связь с другими программами.	1	-	-	-	2	экзамен
12	Проектирование техпроцессов механической обработки с помощью ВЕРТИКАЛЬ. Диалоговый метод с использованием Справочника технолога и Справочника Материалы и Сортаменты. Использование конструкторско-технологических Элементов. Создание техпроцесса на основе техпроцесса-аналога.	2	4	-	-	12	экзамен
13	Формирование дерева техпроцесса. Атрибуты дерева техпроцесса. Подключение графических атрибутов. Работа с графическими атрибутами. Настройка параметрических связей между графическими атрибутами и текстом технологии.	-	-			6	экзамен
14	Модуль расчета режимов резания. Особенности работы с приложением. Модуль расчета норм времени. Настройка и особенности работы с модулем. Формирование технологической документации, выбор шаблонов карт, создание комплектов технологических документов.	-	-	-	-	4	экзамен
15	Проектирование типовых и групповых технологических процессов с помощью САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.	-	-	-	-	6	экзамен
16	Классификация САПР. Цель классификации. Основные признаки, классифицирующие САПР. Ориентированность проектирования САПР. Системы: CAD; CAE; CAPP; CAM; PPS; CAQ; PDM. Понятие компьютерно - интегрированное производство (СІМ). Схема интеграции различных подсистем и модулей.	1	-	-	-	2	экзамен
17	Метод прямого проектирования. Метод анализа. Порядок формирования баз данных для реализации метода анализа на примере типовой задачи.	-	-	-	-	4	экзамен
18	Метод синтеза. Порядок реализации метода синтеза. Таблицы соответствия. Принципиальная схема технологического процесса.	-	-	-	-	4	экзамен

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Обзор типовых CAD-CAM систем. КОМПАС ЧПУ, SOLIDWORKS/SOLIDWORKS CAM, EMCO WIN, Heidenhain. Назначение, основные принципы и приемы работы при создании управляющих программ для станков с ЧПУ.	-	-	-	-	4	экзамен
	Всего часов по дисциплине	6	6	-	-	98	110

3 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.).

Основная

1. Белов П. С. САПР технологических процессов : учебное пособие / П. С. Белов, О. Г. Драгина – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 154 с. – ISBN 978-5-4497-1326-1.

2. Проектирование технологий машиностроения на ЭВМ: Учебник для вузов/ О.В. Таратынов, Б.М. Базров и др., Под ред. О.В. Таратынова. – М.: МГИУ, 2006. – 519 с.

3. Петухов А.В. и др. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов. Учебное пособие - М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им П.О Сухого, 2011. - 144 с.

Дополнительная

4. Бунаков П.Ю., Рудин Ю.И., Стариков А.В. Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов/ Учебник по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов» для студентов специальности. Под ред. С.Н. Рыкунина, - М.: МГУЛ, 2008. - 194 с.: ил.; URL: <http://www.twirpx.com/file/255605/>.

5. Кондаков А.И. САПР технологических процессов - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 272с. URL: <http://www.twirpx.com/file/37727/>.

6. Система автоматизированного проектирования технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ: [URL:http:// machinery.ascon.ru /software/ developers/ items/ ?prpid=420](http://machinery.ascon.ru/software/developers/items/?prpid=420).

7. Официальный сайт компании SolidWorks: URL: <http://solidworks.dwg.ru/>.

8. Инженерные расчеты в Excel – Рональд У. Ларсен.

9. Электронные источники – Web-сервер: <http://ascon.ru>; Образовательная программа: E-mail: edu@ascon.ru.

3.2 Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения практических работ

Методические указания

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «САПР технологических процессов», «Основы САПР» на тему «Создание параметризованных фрагментов в редакторе КОМПАС» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Брест. гос. техн. ун-т ; сост.: Я.В. Кудрицкий, А.М. Левданский. – Брест : БрГТУ, 2012 – 15 с.

2. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «САПР технологических процессов» на тему «Разработка технологического процесса изготовления детали средствами программных модулей ВЕРТИКАЛЬ V3 и КОМПАС 3D V10» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / Брест. гос. техн. ун-т ; сост.: Я.В. Кудрицкий, А.М. Левданский. – Брест : БрГТУ, 2010 – 19 с.

3. Программный комплекс средств автоматизированного проектирования КОМПАС / ВЕРТИКАЛЬ / CNC Токарная обработка / CNC Фрезерная обработка / ЛОЦМАН ТЕХНОЛОГ.

3.3 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе обучающихся учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06 .2020:

- самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам и методическим указаниям, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 3 настоящей программы;
- самостоятельная подготовка к выполнению лабораторно-практических работ по методическим указаниям, разработанным на кафедре машиностроения и эксплуатации автомобилей и указанным в разделе 3 настоящей программы;
- самостоятельная работа под контролем преподавателя во время лабораторно-практических занятий по расписанию по индивидуальным заданиям;
- самостоятельная подготовка к экзамену.

Таблица 3.1 – Виды самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Форма контроля
Работа над лекционным материалом	Устный опрос
Подготовка к лабораторным занятиям	Защита лабораторных работ
Подготовка к сдаче экзамена	Экзамен

Таблица 3.2 – Литературные источники для самостоятельного изучения тем лекционного курса

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Обзор типовых программ. Принципы построения современных САПР.	[1,2]
2	Понятие параметризация. Преимущества параметризованных объектов. Основные условия целесообразности создания параметризованных чертежей и фрагментов.	[1,2,6,7,9]
3	Понятие параметризация. Преимущества параметризованных объектов. Основные условия целесообразности создания параметризованных чертежей и фрагментов.	[1,2,6,7,9]
4	САПР технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ. Назначение, общие сведения, возможности системы, интерфейс.	[6,9]
5	Проектирование технологических процессов механической обработки и сборки с помощью САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.	[6,9]
16	Классификация САПР. Цель классификации. Основные признаки, классифицирующие САПР. Ориентированность проектирования САПР. Системы: CAD; CAE; CAPP; CAM; PPS; CAQ; PDM.	[1,2]
17	Метод прямого проектирования. Метод анализа. Порядок формирования баз данных для реализации метода анализа на примере типовой задачи.	[1,2]
18	Метод синтеза. Порядок реализации метода синтеза. Таблицы соответствия. Принципиальная схема технологического процесса.	[1,2]

4 ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменении в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Научные основы технологии машиностроения	Машиностроение и эксплуатация автомобилей		Рекомендовать к утверждению (протокол № <u>11</u> от <u>17.05.2023</u>) Зав. кафедрой МЭА С.В.Монтик _____

Содержание учебной программы
согласовано с выпускающей кафедрой
Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент _____ С.В. Монтик