



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП 15.04.04
Автоматизация технологических
процессов и производств

 Змей К.В.
«25» октября 2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой технологий
промышленного производства

 Змей К.В.
«25» октября 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизация управления жизненным циклом изделия

Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в промышленности)»

Форма подготовки очная

курс 2, семестр 3, 4
лекции 18 час. /0,5 з.е.
практические занятия 72 час. /2 з.е.
лабораторные занятия 54 час. /1,5 з.е.
в том числе с использованием МАО лек. 6 /пр. 12 /лаб. 18
всего часов аудиторной нагрузки 144 час. /4 з.е.
самостоятельная работа 288 час. /8 з.е.
в том числе на подготовку к экзамену – 54 час.
зачет – 3 семестр
экзамен – 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры технологий промышленного производства, протокол № 2 от «25» октября 2019 г.

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент Змей К.В.
Составитель: канд. техн. наук, доцент Колесникова О.В.

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Master's degree in 15.04.04 - Automation of technological processes and production

Study profile Automation of technological processes and production

Course title: Product Life Cycle Automation

Variable part of Block 1, curriculum (B1.V.DV.02.04), 12 credits

Instructor: Olga V. Kolesnikova

At the beginning of the course, a student should be able to apply:

the ability to work in project interdisciplinary teams, including as a leader;

the ability to formulate the goals of the project (program), tasks for given criteria, target functions, constraints, build the structure of their interrelations, develop technical specifications for the creation of new efficient technologies for manufacturing machine-building products, various service industries, tools and systems for their instrumental, metrological, diagnostic and management support, on the modernization and automation of production and technological processes in engineering dstv, tools and systems necessary for the implementation of the modernization and automation, to prioritize the solutions of problems;

the ability to develop and implement effective technologies for the manufacture of engineering products, to participate in the modernization and automation of existing and design of new engineering industries for various purposes, the means and systems of their equipment, production and technological processes using automated systems for technological preparation of production.

Learning outcomes:

the ability to carry out the development of functional, logical, technical and economic organization of machine-building industries, their elements, technical, algorithmic and software based on modern methods, tools and design technologies;

the ability to develop patterns of interaction of information flows in the operation of the designed products and systems.

Course description:

Product life cycle. Stages and stages of the product life cycle. The structure of the engineering enterprise. Compliance with the stages of the product life cycle. Information support of the product life cycle processes. CALS technology. PLM concept. The role of life support information technologies in modern industry. Automation of management of design and technological training. Automation of production management.

Form of final knowledge control: tests, exam

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в промышленности)», входит в дисциплины по выбору вариативной части блока Б 1 учебного плана (Б1.В.ДВ.02.04).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия 18 часов, лабораторные работы 54 часа, практические занятия 72 часов, самостоятельная работа студентов 288 часов, 54 часов на контроль. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 и 4 семестрах. Форма контроля по дисциплине – экзамен.

Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Принципы конструирования систем и объектов машиностроения», «Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированных и автоматических производств». В свою очередь она является «фундаментом» для формирования выпускной квалификационной работы (ВКР).

Цели дисциплины:

- формирование знаний о принципах и подходах к автоматизации технического (конструкторского и технологического) документооборота в нашей стране и за рубежом;
- понимание специфики управления данными на протяжении жизненного цикла изделий;
- освоение технологий эффективного использования современных отечественных и зарубежных CAD/PDM/PLM систем.

Задачи дисциплины:

- изучение состава и структуры машиностроительного изделия;

– изучение методов математического представления информации о составе и структуре изделий;

– приобретение навыков использования современных CAD/PDM/PLM систем.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

– способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 , способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием	Знает	- правила разработки (на основе действующих стандартов) методических и нормативных документов; - современные методы, средства и технологии проектирования
	Умеет	- разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств;
	Владеет	- навыками компьютерного моделирования конструкторско-технологических задач; - навыками работы с PLM, PDM, CAD/CAM/CAE системами; - навыками разработки технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководства их созданием

<p>ПК-7, способность осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства, разрабатывать и практически реализовывать средства и системы автоматизации и управления различного назначения</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - современные методы, средства и технологии построения схем информационных потоков; - современные методы, средства и технологии модернизации и автоматизации действующих автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов;
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать функциональную, логическую схемы потоков в процессе функционирования проектируемых изделий и систем; - осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки и практической реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения; - навыками оформления законченных проектно-конструкторских работ;
<p>ПК-18, способность разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - методы разработки теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемой продукции; - современные методы, средства и технологии проектирования
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации;
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками компьютерного моделирования конструкторско-технологических задач; - навыками работы с PLM, PDM, CAD/CAM/CAE системами; - навыками моделирования и управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов
<p>ПК-19, способность проводить математическое моделирование процессов, оборудования, средств и систем автоматизации,</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - методы математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления;

контроля, диагностики, испытаний и управления с использованием современных технологий научных исследований, разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления с использованием современных технологий научных исследований; - навыками разработки алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления;
---	---------	---

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках данной дисциплины применяются следующие методы интерактивного обучения: дискуссия, лекция-беседа, проблемная лекция.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Теоретические занятия (3 семестр 18 час.)

Раздел I. Жизненный цикл продукции. Стадии и этапы жизненного цикла продукции (6 час.)

Тема 1. Понятие продукции, изделия. Жизненный цикл продукции. (2 час.)

Структура изделия, согласно ГОСТ 2.101 — 68 ЕСКД. Понятие жизненного цикла продукции. Основные этапы жизненного цикла.

Тема 2. Стадии и этапы жизненного цикла продукции. (2 час.)

Предпроектная стадия. Начальная стадия. Проектирование и конструирование. Конструкторско-технологическая подготовка производства. Производство. Материально-техническое снабжение. Эксплуатация. Модернизация. Конечная стадия жизненного цикла.

Тема 3. Структура машиностроительного предприятия. Соответствие стадиям жизненного цикла продукции. (2 час.)

Машиностроительное предприятие. Схема потоков машиностроительного предприятия. Виды информации, циркулирующей на машиностроительном предприятии.

Раздел II. Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий (6 час.)

Тема 4. CALS технологии. (2 час.)

Понятие CALS технологии, основные функции. Компьютерная поддержка этапов ЖЦИ.

Тема 5. Концепция PLM. (4 час.)

Основные требования к PLM-решениям. Системы, обеспечивающие информационную поддержку различных этапов ЖЦИ. Стандарты в области ИПИ.

Раздел III. Автоматизация управления жизненным циклом продукции. (6 час.)

Тема 6. Роль информационных технологий поддержки ЖЦ в современной промышленности. (2 час.)

Тенденции развития современного производства, которые привели к модернизации промышленности на основе использования современных достижений науки и техники, новых информационных технологий. Основные проблемы развития ИПИ-технологий в отечественной промышленности.

Тема 7. Автоматизация управления конструкторско-технологической подготовкой. (2 час.)

Использование 3D моделей на различных этапах ЖЦИ. CAD/CAM/CAE системы. Системы управления данными об изделии (PDM).

Тема 8. Автоматизация управления производством. (2 час.)

Планирование производства (MRP, MRP II, APS). Системы управления ресурсами предприятия (ERP). Исполнительские производственные системы (MES).

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (3 семестр 36 час., 4 семестр 36 час.)

3 семестр (36 час.).

Занятие 1. Формирование электронной структуры изделия в виде графа-дерева на основе конструкторской спецификации. Представление информации об изделии в виде электронной структуры. Формирование электронной структуры изделия на основе конструкторских спецификаций. (3 час.).

Занятие 2. Формализация формообразования поверхностей детали. Представление поверхности единичным шестимерным вектором. Построение схем формообразования плоской цилиндрической, сферической поверхностей (6 час.).

Занятие 3. Сопоставление схем формообразования поверхностей с формообразующими движениями станков (3 час.).

Занятие 4. Формализация задач взаимного расположения поверхностей детали. Граф размерных связей. Построение графов размерных связей между поверхностями детали для шести степеней свободы (6 час.).

Занятие 5. Формализация задач взаимного расположения поверхностей детали. Построение замыкающих звеньев в графах размерных связей. Расчет с помощью графов размерных связей допусков замыкающих звеньев. Построение графов размерных связей с минимальными допусками замыкающих звеньев (6 час.).

Занятие 6. Формирование матрицы связности и наложение технологических ограничений. Формальная компоновка схем базирования (6 час.).

Занятие 7. Формальная компоновка схем базирования. Алгоритм последовательной смены баз при обработке детали. Численные эксперименты (6 час.).

4 семестр (36 час.).

Занятие 1. Планирование производства изделия. Использование алгоритма «Опадающие листья» для определения порядка обработки деталей-сборочных единиц (8 час.).

Занятие 2. Планирование производства изделия. Составление плана-графика работы оборудования и рабочих в массовом производстве при использовании прямоточных линий (8 час.).

Занятие 3. Составление расписания работы оборудования, анализ производственных параметров (10 час.).

Занятие 4. Сравнение методов планирования массового и мелкосерийного производства (10 час.).

Лабораторные работы (3 семестр 18 час., 4 семестр 36 час.)

3 семестр (18 час.).

Лабораторная работа №1. Общее знакомство с PLM-системой Search Intermech. Особенности ведения архива технической документации предприятия и управления его документооборотом. Ведение базы данных изделий, выпускаемых и используемых на предприятии, включая информацию о составе и применимости этих изделий (2 час.).

Лабораторная работа №2. Знакомство с PDM-системой PLM-системы Search Intermech. Редактор конструкторских спецификаций. Изучение возможностей получения состава изделия и полного списка используемых в изделии узлов и деталей и их количества на данное изделие. Изучение возможности получения полного комплекта документации на изделие, включая документы на входящие в него узлы и детали (6 час.).

Лабораторная работа №3. Знакомство с системой управления проектами PLM-системы Search Intermech. Календарное планирование проекта с указанием зависимостей между работами и подпроектами. Назначение исполнителей работ, исходных данных и критериев выполнения

работы. Автоматическая рассылка заданий исполнителям и контроль их выполнения с отображением прогресса на диаграмме проекта (6 час.).

Лабораторная работа №4. Изучение системы TECHCARD Intermech предназначенной для комплексной автоматизации технологической подготовки производства на машиностроительных, приборостроительных и любых других предприятиях, использующих в производстве продукции различные виды работ и, соответственно, проектирующих комплекты технологической документации. Проектирование технологического процесса. Назначение и расчет параметров заготовки на изделие/версию изделия (4 час.).

4 семестр (36 час.).

Лабораторная работа №5. Изучение системы TECHCARD Intermech. Создание расцеховочных маршрутов на изделия/версию изделия по входимости в сборочный узел и заказ. Выпуск технологического извещения на изменение расцеховочных маршрутов, заготовок и вспомогательных материалов (6 час.).

Лабораторная работа №6. Изучение системы TECHCARD Intermech. Создание новых версий техпроцессов по извещениям, а также отображение изменения техпроцесса в документации (6 час.).

Лабораторная работа №7. Изучение системы TECHCARD Intermech. Создание групповых/типовых техпроцессов (6 час.).

Лабораторная работа №8. Изучение системы TECHCARD Intermech. Создание комплекта технологических документов (6 час.).

Лабораторная работа №9. Практическое применение системы TECHCARD Intermech. Разработка технологического процесса изготовления детали, создание комплекта технологических документов (12 час.).

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Жизненный цикл продукции. Стадии и этапы жизненного цикла продукции	ПК-18, ОПК-3	знает методы разработки теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемой продукции; современные методы, средства и технологии проектирования	УО-1 ПР-7	1-6
Умеет разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления,		УО-1 УО-2			

			проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации		
			Владет навыками работы с проектами, задачами при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей при изготовлении машиностроительных изделий, навыками работы с программными специализированными продуктами	УО-1 УО-2	
2	Раздел II. Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий	ПК-19	Знает методы математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации	УО-1 ПР-7	7-12
			Умеет разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления	УО-1 УО-2	
			Владет навыками работы с результатами автоматизированных проектных решений при разработке функциональных схем проектируемых изделий и систем	УО-1 УО-2	
3	Раздел III. Автоматизация управления жизненным циклом продукции	ПК-7	Знает современные методы, средства и технологии построения схем информационных потоков; современные методы, средства и технологии модернизации и автоматизации действующих автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов	УО-1 УО-2 ПР-7	13-30

			<p>Умеет осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства</p>	<p>УО-1 УО-2</p>	
			<p>Владеет навыками разработки и практической реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения</p>	<p>УО-1 УО-2 ПР-11</p>	

Расшифровка кодировок оценочных средств (ОС)				
№ п/п	Код ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	УО-1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объёма знаний обучающегося по определённому разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	УО-2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	ПР-7	Конспект	Продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанной лекции, сообщения и т.д.	Темы/разделы дисциплины
4	ПР-11	Разноуровневые задачи и задания	<p>Различают задачи и задания:</p> <p>а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определённого раздела дисциплины;</p> <p>б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;</p> <p>в) творческого уровня, позволяющие оценивать и</p>	Комплект разноуровневых задач и заданий

			диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	
--	--	--	--	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Автоматизация технологических процессов и подготовки производства в машиностроении: учебник / Кузнецов П.М., Борзенков В.В., Дьяконова Н.П., Поляков С.А., Схиртладзе А.Г., 2015.

<https://elibrary.ru/item.asp?id=30649330>

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?aid=K4FFcMK01ufUpiCVRY0kijqSIa/Pf19hXe16SIXEMZg%3D%3B9%2BAQ%2BqVeF1oUnV59NZM%2BYA%3D%3D%3BfkcGmIMf/6X6dEd42Zw8it5sDIawTgbWttrc7bB/7oQbSK7GdvXMyLbaFRvnr3d47YGyBfrQqyAwZnRDk5pOifxR6rTz6YGMRpUGk3RBrUM%3D&id=chamo:776639>

2. Скворцов А.В., Схиртладзе А.Г., Чмырь Д.А. Автоматизация управления жизненным циклом продукции: учебник - М.: Академия, 2013. - 319 с.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?aid=1ml2DEp%2Br4k72erxPPQoEdCikHI6v2Dc8%2BHEVcTsoZU%3D%3BnBEEdGSqrYOT1ZAH6PZKv5w%3D%3D%3B%2Bukr38X7IR8iabtPGQKzM1Jm3bAjNmBfvixweQhO3%2B7t6n%2BUvpstW3qiUlu5sQtzpZdelngfFzKAcmdyYO/Og53tOr%2BRfVen7P4m2ILn%2BQc%3D&id=chamo:729095>

3. Романова Е.Б. Управление конфигурацией электронного изделия при сквозном проектировании в ИИС [Электронный ресурс]: практикум/ Романова Е.Б., Кузнецова О.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.:

Университет ИТМО, 2015.— 53 с.— Режим доступа:
<http://www.iprbookshop.ru/65328.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Эйхман Т.П. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла наукоемких изделий в самолето- и вертолетостроении [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Эйхман Т.П., Курлаев Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44930.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Лелюхин В.Е., Колесникова О. В., Кузьминова Т. А., Синтез методов формообразования элементарных поверхностей детали при механической обработке. [электронный ресурс]: //Современный взгляд на будущее науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (25 июня 2015 г., г. Уфа) - Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – с.42-45 ISBN 978-5-906808-37-0. Режим доступа: <http://aeterna-ufa.ru/sbornik/NK79.pdf> (дата обращения: 7.02.2017)

3. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В. Анализ и расчет размерных цепей на основе графов размерных связей [электронный ресурс]: / Вестник Инженерной школы Дальневост. федеральн. ун-та. 2015. № 4. С. 3–12. Режим доступа: <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/4-25/4/> (дата обращения: 28.02.2016).

4. Лелюхин В. Е., Кузьминова Т. А., Колесникова О. В. Влияние геометрической конфигурации детали на технологию её изготовления. [электронный ресурс]: // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 7 Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56318> (дата обращения: 19.04.2017)

5. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [электронный ресурс]: учеб. пособие / В. И. Аверченков,

В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 271с. - ISBN 978-5-9765-1278-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/453870>

6. Лелюхин В.Е., Рассказов Д.М. Технологическая документация. Оформление учебных отчетных документов: учеб. пособие для вузов. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2008. – 128 с (5экз. на каф. ТПП).

Перечень программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корпус Е, ауд. Е 423, компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Microsoft Office – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.)- лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18; AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения- Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk; SrgutCAM - Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием и внедрением (10 учебных лицензий, 1 коммерческая) Сублицензионный договор №15-04-59 от 10.12.2015; СПРУТ-ОКП - Системы управления процессами организации, Информационные системы для решения специфических отраслевых задач (10 учебных лицензий, 1 коммерческая) Сублицензионный договор №15-04-59 от 10.12.2015; СПРУТ-ТП - Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием и внедрением (10 учебных лицензий, 1 коммерческая) Сублицензионный договор №15-04-59 от 10.12.2015; КОМПАС-3D - Прикладное программное обеспечение общего назначения, Информационные системы для решения специфических отраслевых задач, Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием и внедрением- договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key 566798581 (Vendor 46707). Количество лицензий 250 штук.; Siemens PLM: NX10 (52 учебных лицензии, 1 коммерческая), Teamcenter 10 (52 учебных лицензии, 1 коммерческая), Tecnomatix (12 учебных версий) Контракт №ЭА-011-14 от 3 апреля 2014; SolidWorks Education Edition Campus (500 академических лицензий) Договор №15-04-101 от 23.12.2015;</p>

	<p>Materialise Mimics Innovation Sute 15 (1 коммерческая лицензия), Materialise Magics 17 (1 коммерческая лицензия) Договор 13.G37.31.0010;</p> <p>DELLCAM PowerINSPECT (1 коммерческая лицензия), DELLCAM PowerSHAPE (1 коммерческая лицензия), DELLCAM PowerMILL (1 коммерческая лицензия), DELLCAM FeatureCAM (1 коммерческая лицензия) Контракт №ЭА-246-13 от 06.02.2014;</p> <p>Honeywell: UniSim Design, Profit Design Studio R 430 Договор SWS14 между ДВФУ и ЗАО "Хоневелл", протокол передачи ПО от 25.11.2014;</p> <p>ESET NOD32 Secure Enterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А - уровень 10. Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду</p>	<p>Microsoft Office – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.)- лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18;</p>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием настоящего документа с аббревиатурой РПУД.

Лекционный материал представляет собой кратко изложенные систематизированные основы научных знаний по ключевым разделам дисциплины. Изучение этого материала позволяет сформировать в сознании учащегося целостный образ (информационное «ядро») дисциплины.

При изучении и проработке теоретического материала для обучающихся очной формы обучения необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД ФОС (Приложение 2).
- при подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД ФОС (Приложение 2).

Практические занятия проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными документами, учебной и научной литературой.

При подготовке к практическому занятию для обучающихся очной формы обучения необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;
- изучить материалы практического задания по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам;
- при выполнении домашних расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

Рекомендации по работе с литературой. Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу, практическим и контрольной работам, экзамену. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» на протяжении двух семестров преподается в аудиториях общего назначения. В этих аудиториях проводятся теоретические и практические занятия. Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» обеспечена электронным курсом лекций, заданиями для аудиторной и домашней работы.

Для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности:

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
690922, Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корпус Е, ауд. Е 423, компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 25). Место преподавателя (стол, стул), Оборудование: компьютер [HDD 2 TB; SSD 128 GB; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором AOC 28" LI2868POU.30AGCT01WW P300. LENOVO](16 шт); Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty (25 шт.)

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине

**«АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ИЗДЕЛИЯ»**

**Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и
производств**

Магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в
промышленности)»

Форма подготовки очная

**Владивосток
2020**

Методические указания по организации внеаудиторной самостоятельной работы способствуют организации последовательного изучения материала, вынесенного на самостоятельное освоение в соответствии с учебным планом, программой учебной дисциплины/профессионального модуля и имеет такую структуру как:

- тема;
- вопросы и содержание материала для самостоятельного изучения;
- форма выполнения задания;
- алгоритм выполнения и оформления самостоятельной работы;
- критерии оценки самостоятельной работы;
- рекомендуемые источники информации (литература основная, дополнительная, нормативная, ресурсы Интернет и др.).

Самостоятельная работа (СР) как вид деятельности многогранна. В качестве форм СР при изучении дисциплины «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» предлагаются:

- работа с научной и учебной литературой;
- подготовка к практическому занятию;
- более глубокое ознакомление с вопросами, изучаемыми на практических занятиях;
- подготовка к экзамену.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	Перед лекционными занятиями	Подготовка к лекциям, просмотр и доработка конспекта, изучение литературы	36 ч.	Проверка конспекта, собеседование
2	Перед практическими	Подготовка к практическим	99 ч.	Проверка выполнения самостоятельных

	занятиями	занятиям, повторение материала, выполнение упражнений		практических заданий и упражнений
3	Перед лабораторными работами	Подготовка к лабораторной работе	99 ч.	Проверка выполнения заданий лабораторной работы
4	При подготовке к экзамену	Подготовка к экзамену	54 ч.	Экзамен
		Всего	288 ч	

Характеристика заданий для самостоятельной работы

Подготовка к лекциям. В процессе работы с учебной и научной литературой обучающийся может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Работу с литературой следует начинать с анализа РПУД, в которой перечислены основная и дополнительная литература, учебно-методические издания необходимые для изучения дисциплины и работы на практических занятиях.

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого

изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

Подготовка к практическим и лабораторным работам. Задания, выполняемые в практических и контрольных работах основываются на знаниях, полученных обучающимся при изучении теоретического курса, включающего лекции, конспекты рекомендованной литературы. При подготовке необходимо найти соответствующий теме практического задания раздел, выписать необходимые формулы и пояснения к ним, изучить условия и особенности применения.

Подготовка к экзамену. Экзамен является заключительным этапом в изучении дисциплины. При подготовке к экзамену необходимо пользоваться лекциями, конспектами основной и дополнительной литературы. В начале подготовки надо ознакомиться с перечнем контрольных вопросов по дисциплине. Для подготовки ответов на контрольные вопросы требуется найти необходимый раздел лекций или в дополнительной литературе, ознакомиться с ним и составить опорный конспект.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Оформление результатов самостоятельной работы зависит от вида выполняемой обучающимся работы. При подготовке к лекциям основным отчетным документом является конспект лекций и дополнительной литературы. Конспекты научной литературы должны быть выполнены аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. При подготовке к практическим занятиям конспект должен содержать необходимые формулы и условия их применения.

Практические работы оформляются в отдельной тетради. Каждое задание должно содержать условие, начальные данные, используемые формулы, расчеты, выводы. Практические работы представляются для

проверки. При наличии ошибок, отмеченных преподавателем, обучающимся выполняется работа над ошибками с исправлениями. Исправленная работа вновь сдается на проверку.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Основными критериями оценки выполнения самостоятельной работы на основании приложения к письму Минобразования РФ от 29.12.2000 г. № 1-52-138 «Рекомендации по планированию и организации самостоятельной работы студентов образовательных учреждений СПО» являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических, ситуационных задач;
- сформированность общеучебных умений;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- уровень самостоятельности студента при выполнении СРС.

В качестве контроля самостоятельной работы могут использоваться следующие формы:

- индивидуальные беседы и консультации с преподавателем;
- проверка письменных отчетов;
- проверка знаний на промежуточном этапе;
- проверка конспектов источников, монографий и статей;
- выборочная проверка заданий.

Основные критерии оценки:

- 100-86 баллов - если обучающийся показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Обучающийся демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области.

Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

– 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

– 75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

– 60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

**«АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ИЗДЕЛИЯ»**

**Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и
производств**

Магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в
промышленности)»

Форма подготовки очная

**Владивосток
2020**

Паспорт фонда оценочных средств

по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-3, способность разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководить их созданием</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - правила разработки (на основе действующих стандартов) методических и нормативных документов; - современные методы, средства и технологии проектирования
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать (на основе действующих стандартов) методические и нормативные документы, техническую документацию в области автоматизации технологических процессов и производств;
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками компьютерного моделирования конструкторско-технологических задач; - навыками работы с PLM, PDM, CAD/CAM/CAE системами; - навыками разработки технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе жизненному циклу продукции и ее качеству, руководства их созданием
<p>ПК-7, способность осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства, разрабатывать и практически реализовывать средства и системы автоматизации и управления различного назначения</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - современные методы, средства и технологии построения схем информационных потоков; - современные методы, средства и технологии модернизации и автоматизации действующих автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов;
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать функциональную, логическую схемы потоков в процессе функционирования проектируемых изделий и систем; - осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки и практической реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения; - навыками оформления законченных проектно-конструкторских работ;

<p>ПК-18, способность разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - методы разработки теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемой продукции; - современные методы, средства и технологии проектирования
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации;
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками компьютерного моделирования конструкторско-технологических задач; - навыками работы с PLM, PDM, CAD/CAM/CAE системами; - навыками моделирования и управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством на основе проблемно-ориентированных методов
<p>ПК-19, способность проводить математическое моделирование процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления с использованием современных технологий научных исследований, разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления</p>	Знает	<ul style="list-style-type: none"> - методы математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления;
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> - навыками математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления с использованием современных технологий научных исследований; - навыками разработки алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления;

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Жизненный цикл продукции. Стадии	ПК-18	знает методы разработки теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемой	УО-1 ПР-7	1-6

	и этапы жизненного цикла продукции		продукции; современные методы, средства и технологии проектирования			
			Умеет разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемой продукции, производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, проводить анализ, синтез и оптимизацию процессов автоматизации			УО-1 УО-2
			Владет навыками работы с проектами, задачами при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей при изготовлении машиностроительных изделий, навыками работы с программными специализированными продуктами			УО-1 УО-2
2	Раздел II. Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий	ПК-19	Знает методы математического моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации	УО-1 ПР-7	7-12	
			Умеет разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем автоматизации и управления	УО-1 УО-2		
			Владет навыками работы с результатами автоматизированных проектных решений при разработке	УО-1 УО-2		

			функциональных схем проектируемых изделий и систем		
3	Раздел III. Автоматизация управления жизненным циклом продукции	ПК-7	Знает современные методы, средства и технологии построения схем информационных потоков; современные методы, средства и технологии модернизации и автоматизации действующих автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов	УО-1 УО-2 ПР-7	13-30
			Умеет осуществлять модернизацию и автоматизацию действующих и проектирование новых автоматизированных и автоматических производственных и технологических процессов с использованием автоматизированных средств и систем технологической подготовки производства	УО-1 УО-2	
			Владеет навыками разработки и практической реализации средств и систем автоматизации и управления различного назначения	УО-1 УО-2 ПР-11	

Критерии оценки (устного доклада, сообщения):

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно-правового характера. Студент знает и владеет навыком

самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно

✓ 85-76 - баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы

✓ 75-61 балл – студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы, то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

Критерии оценки практического задания

✓ 100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

Методические рекомендации, определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» проводится в форме контрольных мероприятий (защиты практической/контрольной работы) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

степень усвоения теоретических знаний;

уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

результаты самостоятельной работы.

Процедура оценивания по объекту «учебная дисциплина» предполагает ведение табеля посещаемости лекционных и практических занятий, выполнение практических заданий в указанные преподавателем сроки.

Процедура оценивания по объекту «степень усвоения теоретических знаний» предполагает проведение собеседований с обучающимися в начале лекции и практического занятия. В соответствии с критериями оценки устного сообщения ведется текущий контроль знаний.

Процедура оценивания по объекту «уровень овладения практическими умениями и навыками» предполагает выполнение и защиту обучающимися практических заданий, которые оцениваются по приведенным выше критериям оценки выполнения практических заданий.

Процедура оценивания по объекту «результаты самостоятельной работы» выполняется в соответствии с методическими указаниями и критериями оценки самостоятельной работы (Приложение 1).

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия» проводится в виде устного экзамена с использованием оценочных средств устного опроса в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене
по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом
изделия»:**

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к экзамену

по дисциплине «Автоматизация управления жизненным циклом изделия»

- 1) Производственное предприятие. Схема материальных финансовых и информационных потоков.
- 2) Понятие производственного процесса. Классификация производственных процессов.
- 3) Типы производства, их характеристика и критерии различия.
- 4) Массовое и крупносерийное производство. Характеристика и особенности.
- 5) Виды серийного производства и их характеристика.
- 6) Характеристика единичного производства.
- 7) Понятие партии запуска, способы определения её величины.
- 8) Что такое коэффициент закрепления операций.
- 9) Продукция машиностроительного производства. Состав изделия.
- 10) Программная и информационная продукция в машиностроении.
- 11) Жизненный цикл продукции. Основные стадии жизненного цикла.
- 12) Предпроектная стадия жизненного цикла. Информационная модель предпроектной стадии. Виды выполняемых работ.
- 13) Начальная стадия жизненного цикла. Информационная модель начальной стадии. Виды выполняемых работ.
- 14) Стадия проектирования и конструирования. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 15) Роль конструкторско-технологической подготовки производства.
- 16) Организационно-экономическая подготовка производства.
- 17) Стадия производства. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 18) Испытания продукции.
- 19) Стадия поставки продукции. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 20) Стадия эксплуатации продукции. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 21) Стадия модернизации продукции. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 22) Конечная стадия жизненного цикла продукции. Информационная модель стадии. Виды выполняемых работ.
- 23) Структура машиностроительного предприятия. Схема потоков.
- 24) Виды информации, циркулирующей на машиностроительном предприятии.
- 25) Методология информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий CALS.
- 26) Концепция PLM.
- 27) Технические требования к системе поддержки жизненного цикла.
- 28) Стандарты в области ИПИ.

- 29) Роль информационных технологий поддержки ЖЦ в современной промышленности.
- 30) Основные проблемы развития ИПИ-технологий в отечественной промышленности.
- 31) Использование 3D моделей на различных этапах ЖЦИ.
- 32) САД системы.
- 33) Системы управления данными об изделии (PDM).
- 34) Инженерные расчеты (CAE- системы).
- 35) Системы планирования производства (MRP II, APS).
- 36) Системы управления ресурсами предприятия (ERP).
- 37) Исполнительские производственные системы (MES).
- 38) Системы управления взаимоотношениями с клиентами и поставщиками.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для изучения дисциплины
**«АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ИЗДЕЛИЯ»**

**Направление подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и
производств**

Магистерская программа «Автоматизация технологических процессов и производств (в
промышленности)»

Форма подготовки очная

Владивосток

2020

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению практических работ

1.1. 3 семестр

Занятие 1. Формирование электронной структуры изделия в виде графа-дерева на основе конструкторской спецификации. Представление информации об изделии в виде электронной структуры. Формирование электронной структуры изделия на основе конструкторских спецификаций. (4 час.).

Задание: На основании спецификаций сборочных единиц изделия построить электронную структуру изделия в виде графа дерева.

Для использования возможности автоматизированной обработки информации в машиностроении описание производимой продукции принято представлять в виде электронной структуры машиностроительного изделия в соответствии с ГОСТ 2.053-2006. Электронная структура изделия представляет собой конструкторский документ, содержащий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения.

Под составными частями изделия ГОСТ 3.1122-84 рассматривает детали и сборочные единицы - ДСЕ (parts and assembly units).

Согласно ГОСТ ЭСИ используют для:

- представления информации о составе изделия и об иерархии составных частей;
- представления интегрированной разнотипной информации о свойствах (характеристиках) изделия и его составных частей;
- представления вариантов состава и структуры изделия;
- организации и структурирования проектной и рабочей конструкторской документации на изделие;
- представления информации о правилах применяемости и заменяемости (в том числе взаимозаменяемости) составных частей;

- классификации и формирования обозначений изделия и его составных частей;
- управления разработкой изделия;
- документирования изменений в конструкцию изделия и его составных частей, их свойства (характеристики) и соответствующую документацию;
- получения текстовых документов на изделие и его составных частей (детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты) в электронной и/или бумажной формах.

При описании электронной структуры изделия её в виде ориентированного графа-дерева, вершины которого соответствуют компонентам, а ребра, соединяющие вершины, - отношениям (связям) между компонентами.

ГОСТ 2.053-2006 рекомендует представлять структуру изделия в виде

- ориентированного ациклического графа, вершины которого соответствуют компонентам (ДСЕ), а ребра, соединяющие вершины, - отношениям (связям) между компонентами. Вершина, соответствующая изделию в целом, называется начальной или конечной в зависимости от выбранной системы ориентации.

- в форме многоуровневого списка, в котором верхний уровень образуют составные части, входящие в состав изделия непосредственно (СЧ прямого вхождения), второй уровень — СЧ, входящие в состав СЧ первого уровня, третий уровень — СЧ, входящие в состав СЧ второго уровня и т. д. вплоть до уровня, на котором СЧ полагаются далее неделимыми

Пример такого представления в виде графа показан на Рис 1. Вершинами графа (обозначены латинскими символами) являются ДСЕ, а дугами указаны взаимосвязи между ними. Цифры рядом с дугами указывают входимость ДСЕ в более верхний уровень, иными словами количество деталей или сборочных единиц применяемых в узле на который указывает стрелка. В данном примере вершина «А» в соответствии с направлением дуг (стрелок) является конечной.

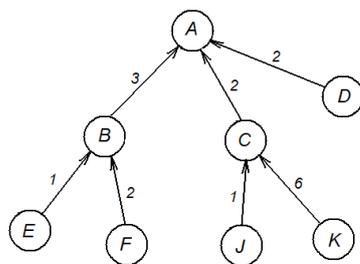


Рис. 1. Представление электронной структуры изделия в виде ориентированного графа-дерева

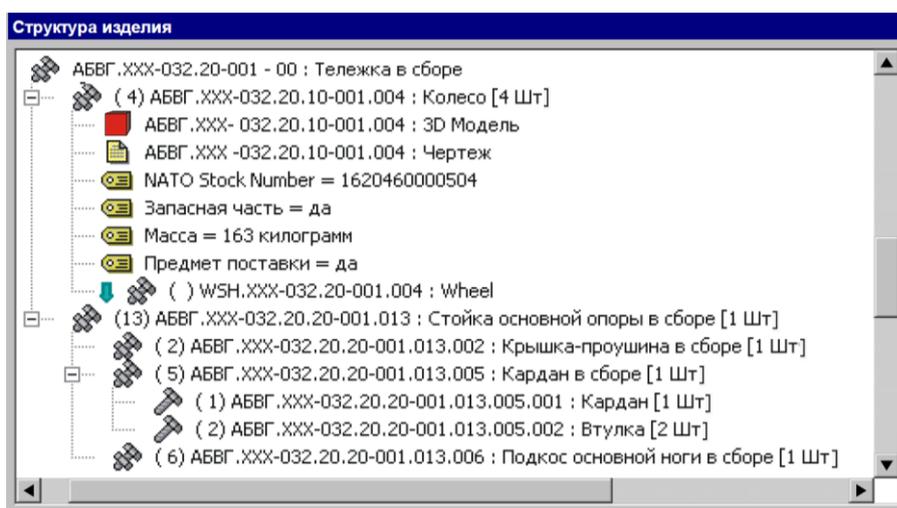


Рис. 2. Представление электронной структуры изделия в виде многоуровневого списка

Занятие 2. Формализация формообразования поверхностей детали.

Представление поверхности единичным шестимерным вектором. Построение схем формообразования плоской цилиндрической, сферической поверхностей (4 час.).

1. Общая схема процесса синтеза множества методов формообразования поверхностей детали представляется следующим образом:

2. выделение элементарных поверхностей и определение остаточных степеней свободы для каждой поверхности в связанной системе координат;

3. определение подмножества комплектов пар производящих линий для каждой поверхности (попарной комбинацией остаточных степеней свободы);

4. формирование множества потенциальных схем формообразования;

Задание 1. Выполнить синтез методов формообразования плоской поверхности детали, согласно варианту. Представить схему формообразования графически.

Вариант	Плоскость	Формообразующие движения	Вариант	Плоскость	Формообразующие движения
1	XOY	$(X_l, Y_l), (Y_l, X_l)$	6	YOZ	$(Z_l, X_a), (X_a, Z_l)$
2	XOY	$(X_l, Z_a), (Z_a, X_l)$	7	XOZ	$(X_l, Z_l), (Z_l, X_l)$
3	XOY	$(Y_l, Z_a), (Z_a, Y_l)$	8	XOZ	$(X_l, Y_a), (Y_a, X_l)$
4	YOZ	$(Y_l, Z_l), (Z_l, Y_l)$	9	XOZ	$(Z_l, Y_a), (Y_a, Z_l)$
5	YOZ	$(Y_l, X_a), (X_a, Y_l)$			

Задание 2. Выполнить синтез методов формообразования цилиндрической поверхности детали, рассмотрев три положения цилиндра: вокруг оси X, вокруг оси Y, вокруг оси Z. Представить схему формообразования графически.

В общем виде набор степеней свободы в трехмерном пространстве можно представить единичным шестимерным вектором V с измерениями $\{X_l, Y_l, Z_l, X_a, Y_a$ и $Z_a\}$. Тогда состояние полной свободы элемента в трехмерном пространстве будет выглядеть следующим образом $V_a \{0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, а однозначно определенное положение – $V_b \{1, 1, 1, 1, 1, 1\}$.

Визуально фиксацию степеней свободы удобно представить в форме шести клеточной таблицы, элементы которой регламентируют наличие или отсутствие соответствующих степеней свободы. Наличие степени свободы обозначается нулём, а единицей - её отсутствие.

На рис. 1 показано представление положения плоскостей единичным шестимерным вектором. Например, для того, чтобы однозначно ориентировать плоскость, параллельную XOY , необходимо лишить ее трех степеней свободы: перемещения по оси Z , поворота вокруг оси X , и поворота вокруг оси Y . Положение плоскости и соответствующая ей шести клеточная таблица изображены на рис. 1а.

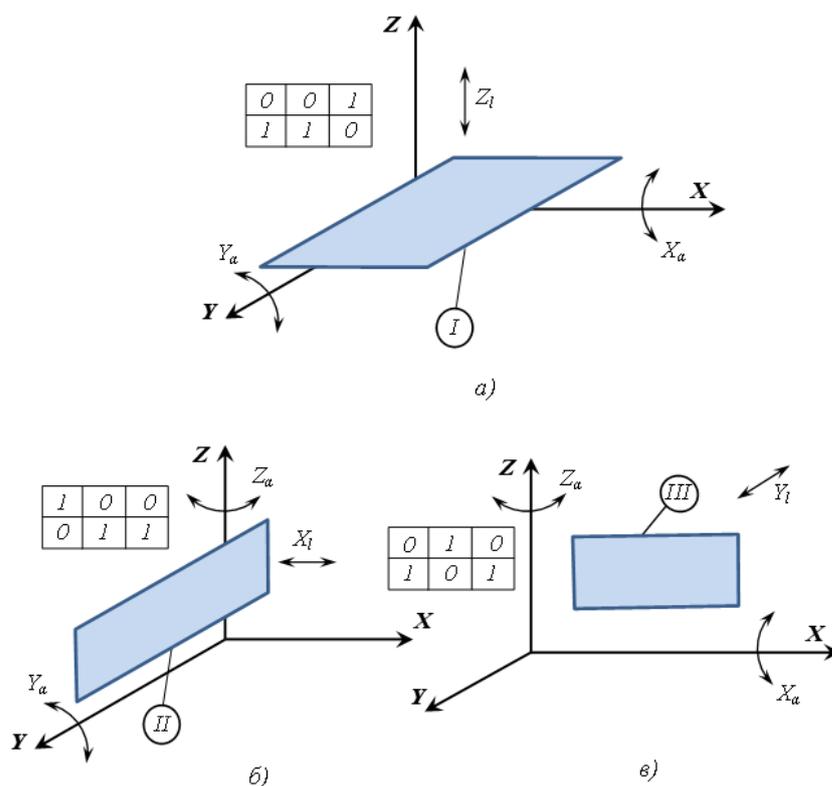


Рис. 1. Представление положения плоскостей единичным шестимерным вектором

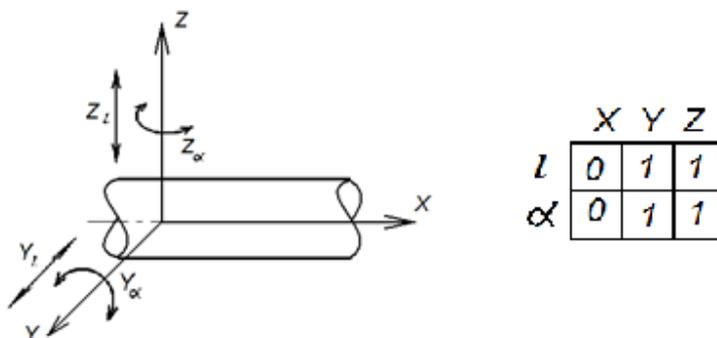


Рис. 2. Представление положения цилиндра единичным шестимерным вектором

На рис. 2 показано представление положения цилиндра единичным шестимерным вектором. Например, для того, чтобы однозначно ориентировать цилиндр, параллельный оси X , необходимо лишить его

четырёх степеней свободы: перемещений по осям Z и Y , а также поворотов вокруг осей Z и Y .

Для однозначной ориентации шара, его необходимо лишить трех степеней свободы: перемещений по осям X , Y и Z .

Занятие 3. Сопоставление схем формообразования поверхностей с формообразующими движениями станков (2 час.).

Задание. Для детали, представленной на рис. 2, выполнить синтез методов формообразования элементарных поверхностей:

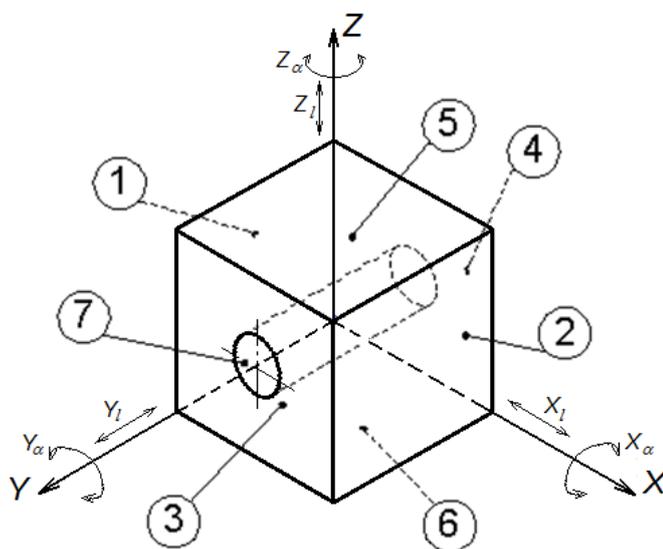


Рис. 2. Конфигурация объекта с обозначением поверхностей

- 1) сформировать множества потенциальных схем формообразования;
- 2) представить множества схем формообразования поверхностей с использованием дискретных и непрерывных методов;
- 3) определить условия ограничивающие применение потенциальных схем формообразования;
- 4) подобрать оборудование для возможной реализации схем формообразования;

Отождествляя направление образующей с направлением «срезания» (сдвига) материала при обработке с требуемым главным движением станка, а

направляющую с движением подачи и применяя схемы формирования движений в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 1, получаем двенадцать потенциально возможных схем формообразования цилиндрической поверхности при использовании элементарных движений (прямолинейного и вращательного).

Следует отметить, что для формирования круглой цилиндрической поверхности не существует других сочетаний элементарных движений.

Каждая из сформированных схем характеризуется необходимым набором движений обрабатывающего инструмента относительно детали и определенной формой (в плане) режущей кромки этого инструмента.

Поэтому на следующих этапах производится сопоставление имеемых в наличии (или доступных) режущих инструментов и обрабатывающего оборудования.

В качестве ограничений режущего инструмента при рассмотрении методов копирования и обката служит несоответствие форм режущих кромок направляющим линиям. Приемлемость оборудования определяется из соответствия требуемых и реализуемых станком главных движений и движений подач.

Таблица 1. Формообразующие движения некоторых типов станков

Тип станка	Движения	
	заготовки	инструмента
Токарно-винторезный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Вертикально-сверлильный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Горизонтально-расточной	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Вертикально-фрезерный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Горизонтально-фрезерный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Токарно-карусельный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Поперечно-строгальный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $
Долбежный	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 1 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \end{array} $	$ \begin{array}{c} X \ Y \ Z \\ l \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} \\ \alpha \begin{array}{ c c c } \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} $

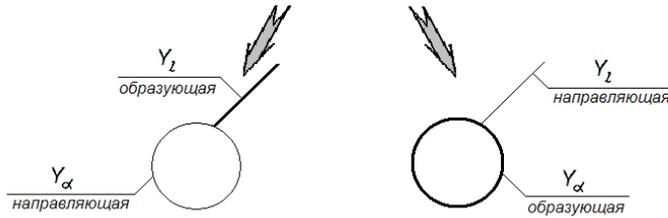
1. Остаточные степени свободы

$$Ц2 \Rightarrow \overline{Ц2}$$

	X	Y	Z
l	1	0	1
α	1	0	1

	X	Y	Z
l	0	1	0
α	0	1	0

2. Пары производящих линий



3. Схемы формообразования

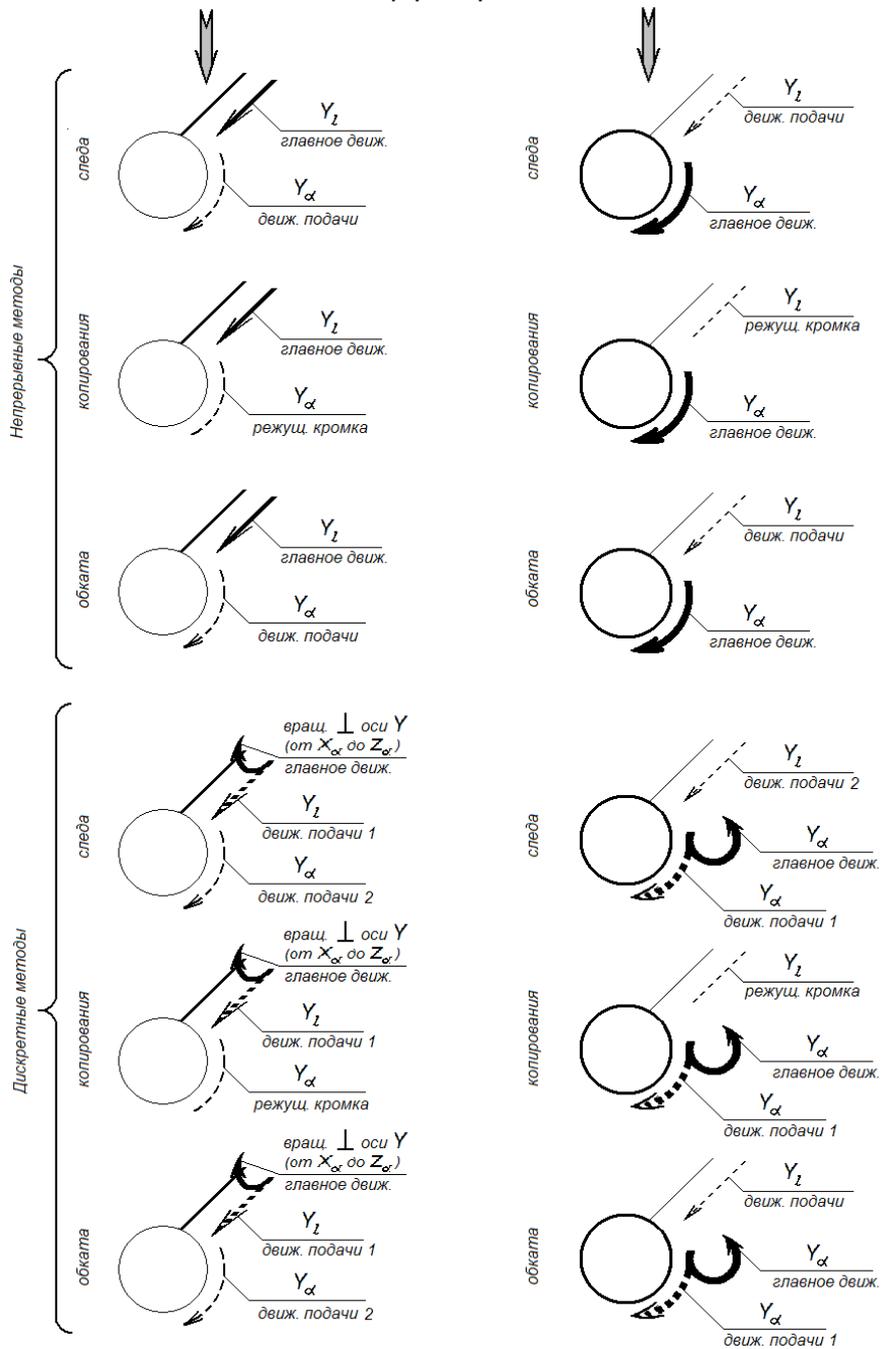


Рис. 3. Синтез множества потенциальных схем формообразования

Занятие 4. Формализация задач взаимного расположения поверхностей детали. Граф размерных связей. Построение графов размерных связей между поверхностями детали для шести степеней свободы (4 час.).

Задание. Для детали построить графы размерных связей в шести направлениях:

Взаимное расположение поверхностей определяется системой установленных размеров и допусков. Размерные цепи используются для решения задачи обеспечения точности при изготовлении деталей.

Для формализации информации о конфигурации детали и установленных размерах авторы воспользовались инструментами теории графов. Геометрическая конфигурация детали может быть представлена в виде графа $G(S, R)$, где множество вершин $S := \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ представляет множество поверхностей, а множество ребер $R := \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ соответствует множеству связей между поверхностями.

Связи между поверхностями указанные в графе можно использовать для представления размерных цепей. Так в детали, изображенной на рис. 2а, три поверхности связаны тремя размерами, что можно отразить в виде графа (рис. 5а). В реальной же детали (рис. 2б) размерная цепь должна быть незамкнутой, т.е. содержать замыкающее звено, допуск на размер которого, определяется в зависимости от допусков составляющих звеньев. В соответствии с выбором замыкающего звена могут быть построены три различных размерных цепи (рис. 5б, 5в, 5г). В зависимости от функционального назначения детали выбирается тот или иной вариант размерной цепи. Необходимо заметить, что размерная цепь в терминах графов представляет собой остовное дерево.

Учитывая необходимость построения линейных и угловых размерных цепей между поверхностями детали, авторы предлагают их изображать в виде графов размерных связей по каждой из шести степеней свободы.

Графы размерных связей геометрического объекта, показанного на рис. 6а, изображены на рис. 6б.

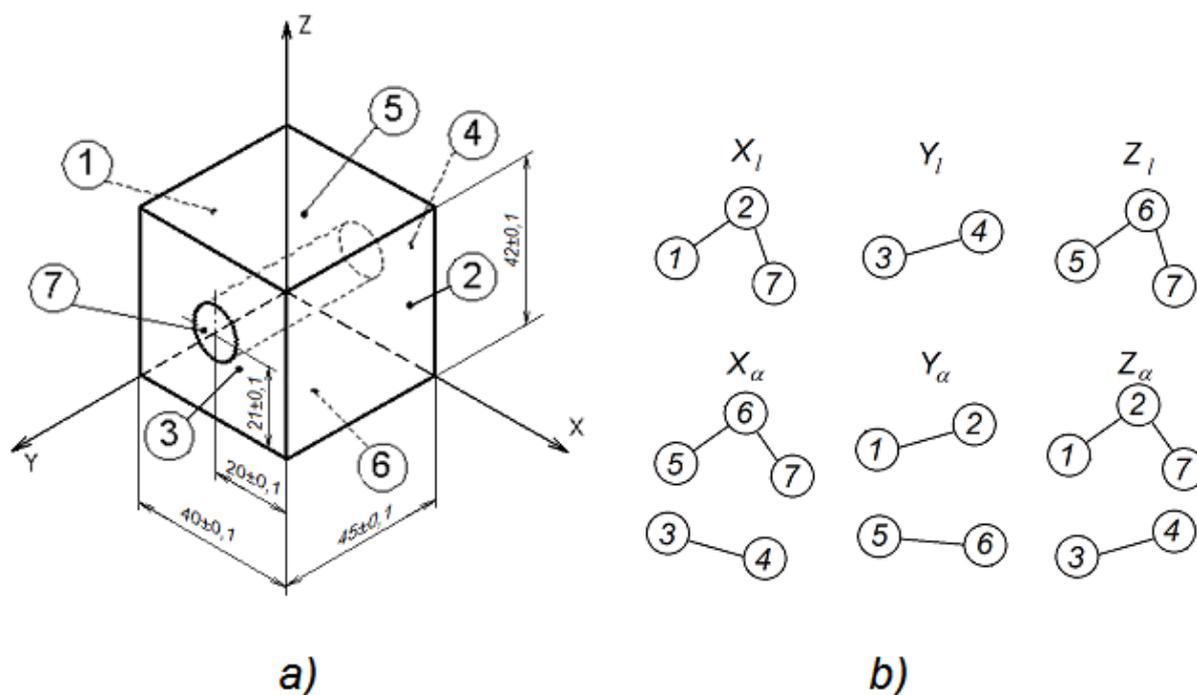


Рисунок 6. Деталь с нанесенными координирующими размерами (а) и соответствующие графы размерных связей (б)

На рис. 6б показаны линейные размерные связи в направлении осей X , Y , Z , а также угловые размерные связи, отражающие повороты поверхностей детали вокруг осей X , Y , Z .

Построение графов размерных связей во всех шести направлениях X_l , Y_l , Z_l , X_α , Y_α и Z_α позволяет описать взаимное расположение всех поверхностей детали, а также сформировать схемы порождения геометрической конфигурации детали.

Занятие 5. Формализация задач взаимного расположения поверхностей детали. Построение замыкающих звеньев в графах размерных связей. Расчет с помощью графов размерных связей допусков замыкающих звеньев. Построение графов размерных связей с минимальными допусками замыкающих звеньев (4 час.).

Задание. Для построенных в предыдущем задании графов размерных связей найти замыкающие звенья и рассчитать их допуски:

Для контроля нескольких размеров требуется выделять несколько размерных цепей и рассчитывать в каждой из них параметры замыкающего звена. При рассмотрении размерной цепи, связывающей более трех поверхностей, существует множество (более одного) замыкающих звеньев. С целью предотвращения некорректных конструкторских решений, повышения технологичности и минимизации дополнительных технологических расчетов предлагается рассматривать все возможные варианты замыкающих звеньев в каждом координатном направлении.

Для более наглядной визуализации возможных вариантов схем размерных цепей, удобства проверки связности и легкости выявления всех возможных замыкающих звеньев, а также определения целого ряда их свойств имеет смысл использовать для представления инструменты теории графов.

В качестве примера рассмотрим граф размерных связей в направлении оси X.

Представленный на рис. 2а граф является ациклическим связным графом, т.е. деревом. Стоит подчеркнуть, что построенный таким образом граф является остовным деревом, т.е. ациклическим связным графом, в который входят все вершины. Интересно отметить, что все остальные ребра, дополняющие граф до полного, будут являться замыкающими звеньями. На рис. 2б замыкающие звенья показаны пунктирными линиями.

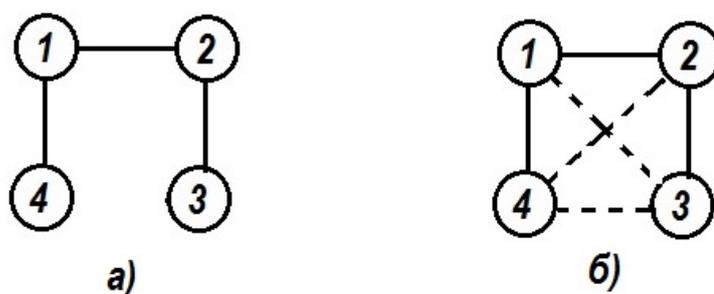


Рис. 2. Представление размерной цепи в виде графа

Используя различные сочетания ребер графа можно получить все существующие варианты задания размерных цепей для данной детали в выбранном направлении.

Номинальный размер замыкающего звена может быть определен как длина пути из начальной вершины замыкающего звена в конечную с учетом направления дуг. При этом путь определяется только по дугам остовного дерева.

Для формализации приведенных рассуждений необходимо ввести обозначения: e_i^o – дуга остовного дерева графа размерных связей; e_j^z – дуга замыкающего звена. В качестве весов дуг остовного дерева можно рассматривать заданные размеры. В соответствии с введенными обозначениями формула расчета номинального размера замыкающего звена будет выглядеть следующим образом:

$$e_j^z = \left| \sum_i^m a_i e_i^o \right|$$

где $a_i = 1$, если направление пути совпадает с направлением дуги;

$a_i = -1$, если направление пути не совпадает с направлением дуги;

m – количество дуг пути.

Граф, изображенный на рисунке 2, с учетом введенных условий, примет вид, показанный на рис. 4.

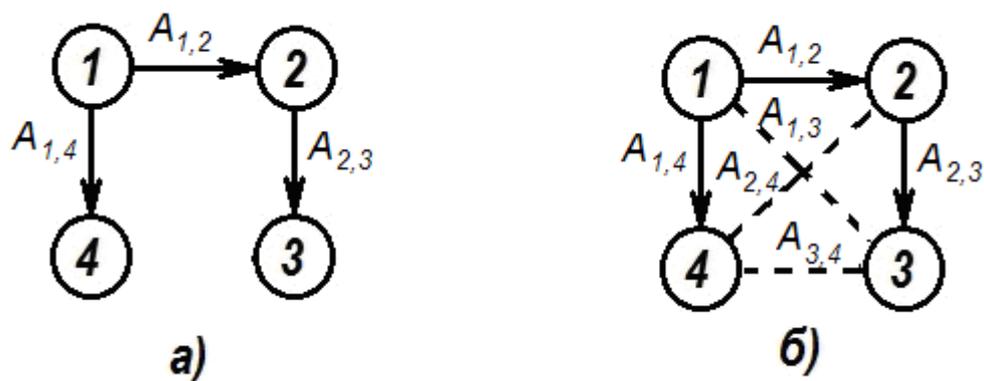


Рис. 4. Представление размерной цепи в виде графа

Для этого графа расчет номинальных размеров замыкающих звеньев будет выглядеть следующим образом:

$$A_{1,3} = |A_{1,2} + A_{2,3}|$$

$$A_{2,4} = |A_{1,2} - A_{1,4}|$$

$$A_{3,4} = |A_{1,2} + A_{2,3} - A_{1,4}|$$

Использование графа размерных связей также позволяет производить расчет допусков замыкающих звеньев. Рассмотрим граф размерных связей в направлении X_l , изображенный на рис.3а. Для расчета допусков замыкающих звеньев введем для каждой из дуг веса равные величине допуска звена размерной цепи. Тогда расчет величины допуска замыкающего звена может быть выполнен как расчет длины пути из одной вершины замыкающего звена в другую по дугам остовного дерева.

1.2. 4 семестр

Занятие 1. Формирование матрицы связности и наложение технологических ограничений. Формальная компоновка схем базирования (4 час.).

Задание. Для детали построить графы размерных связей в шести направлениях, выбрать базовые поверхности и построить матрицу возможных связей.

В качестве исходного геометрического объекта для исследований использовался образ детали с размерными связями между поверхностями, показанный на рис. 2а. Графы размерных связей для конфигурации этой детали изображены на рис. 2б. Отметим, что любой граф с индексом α из числа X_α , Y_α , Z_α (угловые размерные связи) является результатом исключающей суммы двух не одноимённых графов с индексом l (линейные размерные связи), например, граф в направлении Y_α , получается как сумма графов X_l и Z_l , с исключением повторяющейся вершины 7 и всех инцидентных ей связей (рис. 2б).

На рис. 2б видно, что все графы в направлениях X_α , Y_α , Z_α несвязны, причем отсутствуют связи между взаимно перпендикулярными комплексами

поверхностей, что исключает использованием формальных алгоритмов поиска схем обработки детали. Поэтому указанные графы необходимо превратить в графы деревья [1, 2]. Для этих целей существует несколько вариантов. Так в направлении X_α можно указать 6 вариантов простановки недостающей связи, в направлении Y_α - 4 варианта и в направлении Z_α - 6 вариантов.

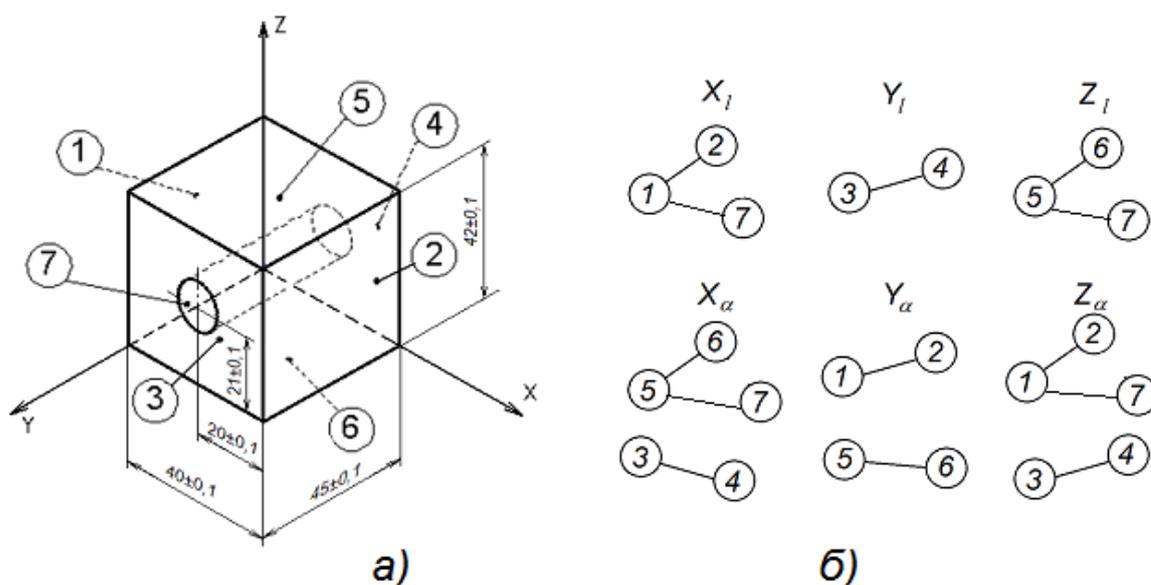


Рисунок 2. Деталь с нанесенными координирующими размерами (а) и соответствующие графы размерных связей (б)

Процедура моделирования обработки сторон детали и соответственно определения последовательности смены комплектов баз заключается в последовательном «переводе» обрабатываемых сторон из состояния необработанных (несуществующих) в состояние обработанных (реально существующих). Информационной основой для определения возможности обработки той или иной поверхности служит комплекс размерных связей по всем шести степеням свободы в трехмерном пространстве.

Первоначально весь комплекс поверхностей от 1 до 7 является необработанным, что не позволяет использовать какие-либо из указанных поверхностей в качестве исходных баз. Поэтому для моделирования процесса обработки поверхностей детали добавим дополнительно три черновых поверхности 2ч, 3ч и 5ч (условно параллельных обрабатываемым

поверхностям с соответствующими номерами 2, 3 и 5), которые связаны размерами с поверхностями 1, 4 и 6 соответственно.

С учетом того, что каждая из черновых плоскостей 2ч, 3ч и 5ч может обеспечить фиксацию 3-х степеней свободы, суммарное количество базирующих точек получится равным девяти, в то время как в трехмерном пространстве существует только шесть степеней свободы и соответственно шесть базирующих точек (связей). Исходя из того, что две любые взаимно перпендикулярные плоскости при условии обеспечения полной определенности базирования конкурируют между собой при фиксации поворота вокруг линии их пересечения и могут лишить объект только пяти степеней свободы, необходимо выбрать какая из этих плоскостей должна фиксировать три, а какая только две степени свободы.

Принцип формирования последовательности обработки показан на примере структуры размерных связей, представленной на рис. 3. Пунктиром обозначены связи, добавленные в граф, изображенный на рис. 2б.

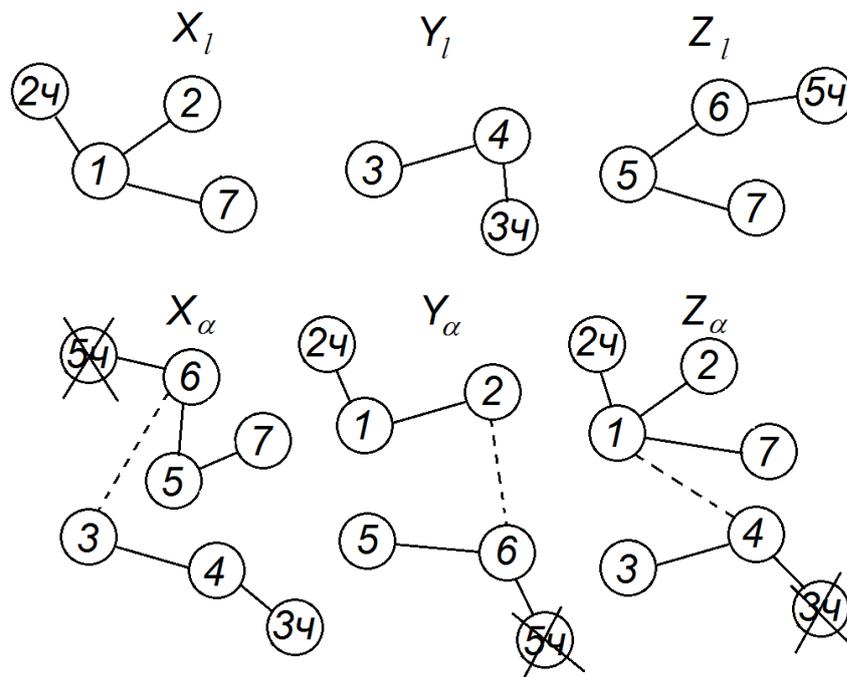


Рисунок 3. Графы размерных связей

Матрица возможных связей для данных условий представлена на рис.4.

		1	2	3	4	5	6	7
Реальные	2ч	1 0 0 0 1 1						
	3ч				0 1 0 1 0 0			
	5ч						0 0 1 0 0 0	
Обрабатываемые	1	1 0 0 0 1 1	1 0 0 0 1 1		0 0 0 0 0 1			1 0 0 0 0 1
	2	1 0 0 0 1 1	1 0 0 0 1 1				0 0 0 0 1 0	
	3			0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1		0 0 0 1 0 0	
	4	0 0 0 0 0 1		0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1			
	5					0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 0 0
	6		0 0 0 0 1 0	0 0 0 1 0 0		0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	
	7	1 0 0 0 0 1				0 0 1 1 0 0		1 0 1 1 0 1

Рис. 4. Исходная матрица смежности

Занятие 2. Формальная компоновка схем базирования. Алгоритм последовательной смены баз при обработке детали. Численные эксперименты (6 час.).

Задание. Для построенных графов размерных связей в шести направлениях и выбранных черновых поверхностей проверить сходимость алгоритма последовательной смены баз.

Пример. Для удобства оперирования поверхностями детали с рассмотрением размерных связей в пространстве степеней свободы на рис. 11 показана матрица смежности, соответствующая размерным связям на рис. 10.

		1	2	3	4	5	6	7
Реальные стороны	1ч		1 0 0 0 1 1					
	3ч				0 1 0 0 0 0			
	5ч						0 0 1 1 0 0	
Обрабатываемые	1	1 0 0 0 1 1	1 0 0 0 1 1				0 0 0 0 1 0	

2	1	0	0	1	0	0					1	0	0		
	0	1	1	0	1	1					0	0	1		
3							0	1	0	0	1	0	0	0	0
							1	0	1	1	0	1	0	0	1
4							0	1	0	0	1	0	0	0	0
							1	0	1	1	0	1	1	0	0
5										0	0	0	0	0	1
										1	0	0	1	1	0
6	0	0	0							0	0	1	0	0	1
	0	1	0							1	1	0	1	1	0
7				1	0	0	0	0	0				0	0	1
				0	0	1	0	0	1				1	0	1

Рис. 11. Исходная матрица смежности

Процедура поиска решения заключается в последовательном рассмотрении столбцов матрицы до момента, когда поэлементная логическая сумма ячеек (необработанных поверхностей) матрицы совпадет с диагональной ячейкой.

Из матрицы видно, что при использовании в качестве базы поверхности 1Ч можно получить поверхность 2. После обработки поверхности 2 столбец с номером 2 удаляется из матрицы, а строка с соответствующим номером перемещается в верхнюю часть матрицы, поскольку эта поверхность становится реально существующей и может использоваться в качестве базы (рис. 12).

		1	3	4	5	6	7			
Реальные стороны	1ч									
	3ч			0	1	0				
				0	0	0				
	5ч					0	0	1		
						1	0	0		
Обрабатываемые	2	1	0	0			1	0	0	
		0	1	1			0	0	1	
	1	1	0	0			0	0	0	
		0	1	1			0	1	0	
	3		0	1	0	0	1	0	0	0
		1	0	1	1	0	1	0	0	1
	4		0	1	0	0	0	0		

			1	0	1	1	0	1	1	0	0			
5						0	0	0	0	0	1	0	0	1
						1	0	0	1	1	0	1	1	0
6	0	0	0						0	0	1	0	0	1
	0	1	0						1	1	0	1	1	0
7			0	0	0							0	0	1
			0	0	1							1	0	0

Рис. 12. Матрица смежности после первого шага

Далее, как видно на рис. 12, в верхней части матрицы столбца 1 имеется шестиклеточная таблица поразрядно «покрывающая» диагональную таблицу в столбце и строке с номером 1, что свидетельствует о возможности использования соответствующей реальной поверхности в качестве базы для обработки поверхности 1. Прделанные процедуры аналогичные первому шагу приводят к получению матрицы изображенной на рис. 13.

На следующем шаге проверяя по столбцам соответствие шестиклеточных таблиц верхней части матрицы диагональным можно видеть, что такое соответствие появляется в столбце с номером 6. Здесь поэлементная логическая сумма реальных поверхностей 1 и 5Ч обеспечивает фиксацию всех степеней свободы, необходимую для ориентации поверхности 6 относительно формообразующих движений инструмента.

		3	4	5	6	7						
Реальные стороны	1ч											
	3ч		0	1	0							
			0	0	0							
	5ч					0	0	1				
						1	0	0				
2						1	0	0				
1					0	0	0					
Обрабатываемые	3	0	1	0	0	1	0		0	0	0	
		1	0	1	1	0	1		0	0	1	
	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
		1	0	1	1	0	1	1	0	0		
	5		0	0	0	0	0	1	0	0	1	
			1	0	0	1	1	0	1	1	0	
6				0	0	1	0	0	1	0	0	1

				1	1	0	1	1	0	1	0	0
	7	0	0	0			0	0	1	1	0	1
		0	0	1			1	0	0	1	0	1

Рис. 13. Матрица смежности после второго шага

Таким образом, полученный вариант предусматривает обработку поверхности 6 с использованием в качестве баз черновой поверхности 5Ч, (фиксация 2-х степеней свободы) и обработанной поверхности 1 (фиксация 1-ой степени свободы). После выполнения процедур переноса матрица приобретает вид, показанный на рис. 14.

На рис. 14 видно, что существует единственный столбец с номером 5, в верхней части которого в строке с номером 6 присутствует необходимое и достаточное количество единиц, соответствующее диагональной таблице этого столбца. Таким образом, на следующем шаге имеется возможность обработки поверхности 5 с использованием в качестве базы параллельной плоскости 6 (рис. 5).

		3	4	5	7				
Реальные стороны	1ч								
	3ч		0	1	0				
			0	0	0				
	5ч								
	2				1	0	0		
					0	0	1		
1									
Обрабатываемые	6			0	0	1	0	0	1
				1	1	0	1	0	0
	3	0	1	0	0	1	0	0	0
		1	0	1	1	0	1	0	0
	4	0	1	0	0	1	0	0	0
		1	0	1	1	0	1	0	0
	5			0	0	0	0	0	1
				1	0	0	1	1	0
	7	0	0	0			1	0	1
		0	0	1			1	0	1

Рис. 14. Матрица смежности после третьего шага

Далее, после удаления столбца 5 и перемещения строки 5 в верхнюю часть матрицы, последняя приобретает вид, показанный на рис. 15.

Анализ верхней части матрицы на рис. 15, показывает, что дальнейшие процедуры в соответствии с алгоритмом невозможны, поскольку ни в одном из оставшихся столбцов не существует соответствия верхней части с диагональными табличками, т.е. логическая сумма элементов в каждом столбце не «покрывает» диагональную таблицу в нижней его части.

Это означает, что не существует варианта, обеспечивающего корректную ориентацию заготовки для обработки любой из поверхностей с номерами 3 и 4.

На рис. 16 показан результат моделирования последовательности обработки поверхностей с использованием формальных процедур.

На рис. 16 в кружочках указаны номера обрабатываемых поверхностей, а квадратиками обозначены номера поверхностей, используемых в качестве баз.

		3	4				
Реальные стороны	1ч						
	3ч		0	1	0		
			0	0	0		
	5ч						
	2						
	1						
	6						
	5			0	0	0	
				1	0	0	
	7		0	0	0		
		0	0	1			
Обрабатываемые	3	0	1	0	0	1	0
		1	0	1	1	0	1
	4	0	1	0	0	1	0
		1	0	1	1	0	1

Рис. 15. Матрица смежности после четвертого шага

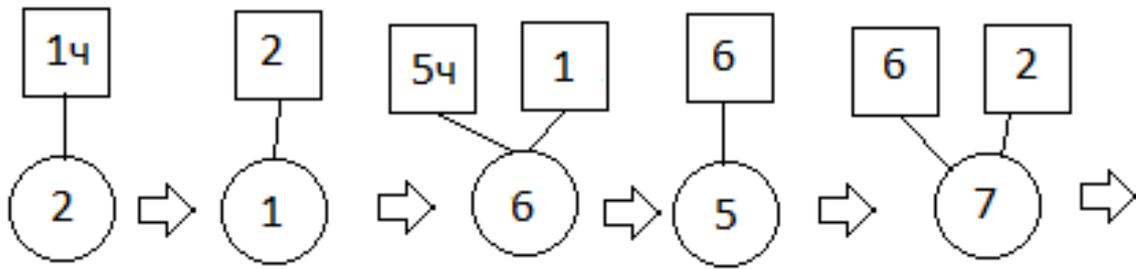


Рис. 16. Последовательность обработки поверхностей детали

Результаты моделирования показывают, что при исходной расстановке размерных связей (рис. 10) применений алгоритм поиска последовательности обработки поверхностей детали с формированием комплектов баз не обеспечил моделирование обработки всех поверхностей детали. Из этого можно сделать вывод, что не все существующие комбинации размерных связей обеспечивают сходимость алгоритма последовательного поиска комплектов баз для обработки детали.

Занятие 3. Планирование производства изделия. Использование алгоритма «Опадающие листья» для определения порядка обработки детали-сборочных единиц (4 час.).

Задание. На основании электронной структуры изделия и технологических процессов изготовления детали-сборочных единиц составить план-график производства изделия.

ГОСТ 2.053-2006 рекомендует представлять структуру изделия в виде ориентированного ациклического графа, вершины которого соответствуют детали-сборочным единицам (ДСЕ), а ребра, соединяющие вершины, - отношениям (связям) между ними. Вершина, соответствующая изделию в целом, называется начальной или конечной в зависимости от выбранной системы ориентации.

Пример такого представления показан на Рис. 1. Вершинами графа (обозначены латинскими символами) являются ДСЕ, а дугами указаны взаимосвязи между ними. Цифры рядом с дугами указывают входимость ДСЕ в более верхний уровень, иными словами количество деталей или

сборочных единиц применяемых в узле на который указывает стрелка. В данном примере вершина «А» в соответствии с направлением дуг (стрелок) является конечной.

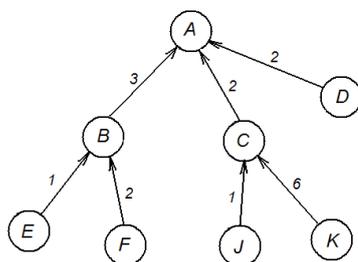


Рис. 1. Представление электронной структуры изделия в виде ориентированного графа-дерева

Для однозначного представления подобного рода графов при решении задач на компьютере можно воспользоваться таблицами перечисления ребер (дуг). Учитывая, что количество ребер (дуг) в графе-дереве на единицу меньше числа вершин ($|E| = n - 1$, где n – число вершин), размерность таблицы будет равна $n \times 2$, а в случае дополнительной записи весов (например, входимость) размерность таблицы может быть равна $n \times 3$ (Рис. 2). Под входимостью понимается количество ДСЕ применяемых при изготовлении вышестоящего узла.

Начало	Конец	Входимость
E	B	1
F	B	2
B	A	3
J	C	1
K	C	6
C	A	2
D	A	2

Рис. 2. Представление электронной структуры изделия (Рис. 1) в виде таблицы перечисления ребер размерностью $n \times 3$

Под применяемостью понимается количество ДСЕ используемых для изготовления изделия. Так для изделия, изображенного на рисунке 5, входимость ДСЕ F в узел B равна 2, а входимость узла B в изделие A равна 3, следовательно общее количество ДСЕ F в изделии составляет 6 единиц, т.е. 2 умноженное на 3. Применяемость всех ДСЕ рисунка 5 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Применяемость ДСЕ

Начало	Конец	Входимость	Применяемость
E	B	1	3

<i>F</i>	<i>B</i>	2	6
<i>B</i>	<i>A</i>	3	3
<i>J</i>	<i>C</i>	1	2
<i>K</i>	<i>C</i>	6	12
<i>C</i>	<i>A</i>	2	2
<i>D</i>	<i>A</i>	2	2

Алгоритм «Опадающие листья»

Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Определение «листьев» в электронной структуре изделия.

Определение концевых вершин (листьев) рассмотрим на примере обработки рис. 1. Определение степени вершины графа заключается в подсчете количества повторений обозначения ДСЕ в столбцах «Начало» и «Конец». Причем количество повторений обозначения ДСЕ в графе «Начало» определяет количество ветвей с использованием текущей ДСЕ, а количество повторений обозначения ДСЕ в графе «Конец» полустепень вхождения в текущую вершину графа. Заметим, что полустепень исхода для каждой вершины при данном рассмотрении графов равна единице. Результаты обработки рис. 1 занесены в табл. 2.

Таблица 2 – Степени вершин графа электронной структуры изделия

Вершина	Степень
<i>E</i>	1
<i>F</i>	1
<i>B</i>	3
<i>J</i>	1
<i>K</i>	1
<i>C</i>	3
<i>D</i>	1
<i>A</i>	3

Концевыми вершинами, или листьями являются вершины, степень которых равна 1. Таким образом, в нашем примере листьями являются вершины *E, F, J, K, D*.

Шаг 2. Определение длины пути от каждого листа до вершины.

Необходимо определить длину пути от каждого листа до вершины изделия и затем ранжировать листья в порядке уменьшения длины пути. Вначале определим сами пути (цепочки), а затем в соответствии с технологическими нормами трудозатрат можно рассчитать и их технологические циклы.

Алгоритм определения пути достаточно прост и заключается в пошаговом перечислении всех дуг, начиная от исходной вершины (i -го листа) до конечной вершины. Признаком конечной вершины может быть как окончание списка ребер, так и достижение заведомо известной вершины (обозначения ДСЕ). Например, путь от листа E будет иметь вид: $E \Rightarrow B \Rightarrow A$.

Длина пути определяется как время, затраченное на изготовление всех деталие-сборочных единиц пути с учетом их применяемости.

$$T_{\pi} = \sum_{i=1}^m T_{\text{ДСЕ}i},$$

где T_{π} – длина пути (время изготовления всех деталие-сборочных единиц пути);

$T_{\text{ДСЕ}i}$ – время изготовления i -той деталие-сборочной единицы;

m – количество деталие-сборочных единиц пути.

Время изготовления деталие-сборочной единицы равно сумме времен выполнения технологических операций.

$$T_{\text{ДСЕ}} = \sum_{j=1}^k T_{\text{оп}j},$$

где $T_{\text{оп}j}$ – время выполнения j -той операции;

k – количество операций в технологическом процессе производства деталие-сборочной единицы.

Как отмечалось выше, время выполнения операции складывается из двух категорий времени: подготовительно-заключительного времени и штучного времени.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}} \frac{n}{\text{КОИД}}, \quad (6.1)$$

где $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время;

$T_{\text{шт}}$ – штучное время;

n – количество изготавливаемых деталие-сборочных единиц (применяемость ДСЕ в изделии);

КОИД – количество одновременно изготавливаемых деталей.

Шаг 3. Определение порядка обработки деталие-сборочных единиц (листьев). Порядок обработки деталие-сборочных единиц устанавливается по

величине времени изготовления. Детале-сборочные единицы (листья) располагаются в порядке уменьшения длины пути от листа до вершины. Таким образом, первой должна начать обрабатываться детале-сборочная единица, имеющая самый длинный путь (наибольшее время изготовления).

Шаг 4. Расстановка технологических операций по местам обработки.

Расстановка выполняется следующим образом. Выбирается из списка первая детале-сборочная единица. Рассматривается технологический процесс ее изготовления, выбирается первая операция. Определяется время ее изготовления, согласно формулы (6.1). Занимается рабочий центр (станок, рабочее место), указанный в операции, на время выполнения операции. Например, токарная операция выполняется на токарно-винторезном станке и занимает 45 мин. Токарно-винторезный станок работает в одну смену с 8-00 до 12-00ч и с 13-00 до 17-00ч. Тогда для выполнения операции можно занять станок с 8-00 до 8-45ч. Следующая технологическая операция из технологического процесса может начаться только с 8-46ч. Предположим, что следующая операция контрольная, и она длится 15 мин. Значит, ее можно запланировать с 8-46 до 9-00ч. Таким образом расставляются все операции технологического процесса первой детале-сборочной единицы. Затем производится расстановка технологических операций второй детале-сборочной единицы из списка. Процесс расстановки выполняется аналогично, однако здесь необходимо учитывать занятость рабочих центров. Например, в технологическом процессе второй детале-сборочной единицы первой операцией указана также токарная, которая должна выполняться на том же токарно-винторезном станке, что и первая детале-сборочная единица. Поскольку станок занят изготовлением первой ДСЕ, то приступить к изготовлению второй ДСЕ он сможет только в 8-46ч.

Шаг 5. Удаление листьев. После расстановки технологических операций всех детале-сборочных единиц, являющихся листьями, детале-сборочные единицы вычеркиваются из дерева. В результате чего, листьями становятся следующие вершины, в которые входили вычеркиваемые. В

нашем примере после вычеркивания листьями становятся вершины *B* и *C*. Процесс повторяется с шага 1 до тех пор, пока не будут вычеркнуты все вершины.

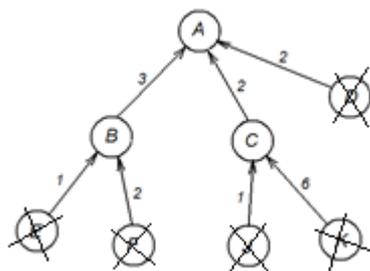


Рис. 2. Вычеркивание листьев

Занятие 4. Планирование производства изделия. Составление плана-графика работы оборудования и рабочих в массовом производстве при использовании прямиоточных линий (4 час.).

Задание. На прямиоточной линии, работающей в 2 смены, обрабатывается деталь. Определить такт линии, рассчитать число рабочих мест и число рабочих на линии. Составить план-график работы оборудования и рабочих. Рассчитать межоперационные заделы и построить графики их движения.

На протяжении смены предусматриваются 2 периода комплектования задела по 240 минут. Суточная программа N выпуска деталей и нормы штучного времени по операциям t_{umi} приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта	Программа выпуска N , шт.	Нормы штучного времени по операциям $t_{шт\ i}$, мин					
		1	2	3	4	5	6
1	800	0,9	1,2	6,0	1,5	1,0	2,4
2		1,6	4,6	2,0	3,4	0,9	2,6
3		5,4	3,0	2,7	0,4	1,3	2,9
4		2,7	1,4	0,4	3,2	2,9	1,6
5		3,0	0,4	2,8	1,6	1,3	1,7
6	640	0,7	1,0	5,8	1,3	0,8	2,0
7		1,8	4,8	2,4	3,6	0,9	3,0
8		2,5	1,2	0,5	3,0	3,3	1,5
9		4,5	2,0	1,7	0,4	0,3	0,1
10		2,6	0,4	2,4	1,2	2,1	0,3
11	480	8,6	4,2	6,4	3,5	2,0	0,5
12		4,8	2,8	0,4	2,0	3,6	0,4
13		10,5	2,5	1,0	1,2	0,5	0,3
14		0,5	1,5	2,5	3,5	5,5	0,5
15		2,3	2,3	3,4	3,0	0,7	0,3

1. Такт поточной линии рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{F_d - f_{пер}}{N}, \quad (1)$$

где F_d – действительный фонд времени работы линии за определённый период времени, мин; $f_{пер}$ – регламентированные перерывы линии, мин; N – программа запуска линии за этот период, шт.

2. Для синхронизации операций на поточной линии необходимо определить расчётное число рабочих мест $C_{расч\ i}$ по операциям:

$$C_{расч\ i} = \frac{t_{шт\ i}}{r}, \quad (2)$$

где $t_{шт\ i}$ – норма времени на i -ю операцию, мин.

3. Расчётное число рабочих мест округляется до ближайшего большего целого числа и называется принятым числом рабочих мест $C_{пр\ i}$.

4. Коэффициент загрузки рабочих мест K_z – отношение расчётного числа рабочих мест по каждой операции к принятому числу рабочих мест на данной операции:

$$K_3 = \frac{C_{расч\ i}}{C_{пр\ i}} \quad (3)$$

5. При проектировании конвейерной линии определяют рабочую длину конвейера L_p :

$$L_p = \sum_{i=1}^m l C_{пр\ i}, \quad (4)$$

где l – шаг конвейера (расстояние между осями двух смежных рабочих мест), м; m – число операций, выполняемых на конвейере.

Минимальная величина шага конвейера определяется габаритами изделия и необходимым зазором между ними. Максимальная величина шага лимитируется допустимой скоростью движения конвейера.

6. Скорость движения конвейера V :

$$V = \frac{l}{r} \quad (5)$$

Наиболее безопасная для работы скорость конвейера равна 0,1 – 2 м/мин, допустимая – до 3,5 м/мин.

Занятие 5. Составление расписания работы оборудования, анализ производственных параметров (6 час.).

Задание. Сформировать план-график производства деталей согласно наименованиям, количеству и последовательности, указанных в варианте. Определить длину цикла изготовления деталей, сравнить длину цикла для одинаковых деталей. Рассчитать загрузку оборудования и определить коэффициент занятости рабочих мест. Сравнить методiku организации и планирования массового (поточного) и мелкосерийного производства.

Таблица 1 - Варианты заданий

Вариант	Деталь	Кол-во	Вариант	Деталь	Кол-во	Вариант	Деталь	Кол-во
1	G	2	2	G	2	3	J	2
	H	6		D	6		A	1
	I	1		I	1		B	1
	E	1		F	1		C	2
	H	3		D	1		B	3
	G	1		G	3		J	4

	I	3		F	2		C	1
	H	1		D	3		J	1
4	M	1	5	L	4	6	O	4
	N	2		K	2		U	8
	Q	2		B	1		V	4
	M	3		C	2		O	1
	Q	1		K	1		N	2
	N	4		B	2		U	3
	Q	3		L	6		O	3
	R	2		K	4		V	2
7	J	2	8	P	2	9	M	1
	C	2		Q	1		N	2
	A	1		T	2		O	1
	C	4		S	1		R	2
	J	1		P	3		N	3
	B	1		T	1		M	2
	C	1		Q	3		N	1
	A	2		T	3		O	3
10	J	2	11	G	2	12	L	4
	V	4		D	6		K	2
	J	4		I	1		B	1
	P	2		E	1		C	2
	Q	1		D	3		K	3
	J	3		G	4		C	4
	P	4		E	3		L	1
	V	1		D	1		K	1
13	O	4	14	G	2	15	J	2
	U	8		H	6		A	3
	V	4		I	1		B	2
	N	2		H	3		C	1
	O	1		E	1		J	3
	V	2		G	3		B	1
	N	4		H	4		J	4
	O	3		E	3		B	3

Занятие 6. Сравнение методов планирования массового и мелкосерийного производства (6 час.).

Задание. Сравнить методiku организации и планирования массового (поточного) и мелкосерийного производства по результатам выполнения практических заданий.