




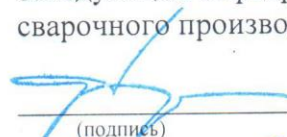
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись) Л.Б. Леонтьев  
« 29 » 06 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
сварочного производства

  
(подпись) А.В. Гридасов  
« 29 » 06 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**  
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение  
магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства»  
**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2  
лекции 18 час.  
практические занятия 36 час.  
лабораторные работы - час.  
в том числе с использованием МАО лек. - /пр. - /лаб. - час.  
всего часов аудиторной нагрузки 54 час.  
в том числе с использованием МАО - час.  
самостоятельная работа 54 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.  
контрольные работы не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачёт - семестр  
экзамен 2 семестр

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры сварочного производства протокол № 15 от «29» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой канд. техн. наук, доцент Змеу К.В  
Составитель: канд. техн. наук, доцент кафедры ТПП Колесникова О.В.

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**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)

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа учебной дисциплины «Автоматизация проектирования технологических процессов» предназначена для направления 15.04.01 Машиностроение, магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства».

Общая трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 часов и включает в себя следующее:

- лекционные занятия 18 часов;
- практические занятия 36 часов;
- лабораторные работы не предусмотрены учебным планом;
- самостоятельная работа студентов 18 часов, в том числе на подготовку к экзамену 36 часов.

Дисциплина «Автоматизация проектирования технологических процессов» относится к блоку «Дисциплины (модули)» – Б1., «Базовая часть» – Б1.Б.03.

Дисциплина «Автоматизация проектирования технологических процессов» логически и содержательно связана с такими курсами, как: «Методология научных исследований в машиностроении», «Компьютерные технологии в машиностроении», «Техническая диагностика сварных конструкций», «Технологические особенности сварки специальных сталей и сплавов», «Термомеханические методы сварки», «Перспективные технологии резки металлов», «Технологические основы сварочного производства».

### **Цели дисциплины:**

- формирование знаний о принципах и подходах к автоматизации проектирования технологических процессов в нашей стране и за рубежом;
- понимание специфики управления данными в ходе проектирования и сопровождения технологической информации на протяжении жизненного цикла изделий;

- приобретение навыков эффективного использования современных средств САПР ТП.

**Задачи дисциплины:**

- изучение методов автоматизированного проектирования технологии, инструмента, оснастки на основе созданных баз данных;
- ознакомление с применяемыми методами формализованного описания деталей;
- изучение алгоритмов проектирования маршрутной, операционной технологии;
- изучение компьютерно-интегрированных специализированных программных продуктов;
- освоение методов конструирования технологической оснастки методами САПР.

Для успешного изучения дисциплины «Автоматизация проектирования технологических процессов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-3 - умение работать в проектных междисциплинарных командах, в том числе в качестве руководителя;

ОК-12 - способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удаленного доступа;

ОПК-9 - способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении;

ОПК-14 - способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении

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	
ОК-9 - способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	<b>Знает</b>	Принципы принятия управленческих решений
	<b>Умеет</b>	Проводить оценку ситуации и выполнять подбор методов и подходов к управлению
	<b>Владеет</b>	Навыками использования инструментальных средств для принятия управленческих решений
ОК-11 - способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	<b>Знает</b>	Научные основы организации труда
	<b>Умеет</b>	Самостоятельно оценивать результаты своей деятельности
	<b>Владеет</b>	Навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований
ОПК-8 - способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	<b>Знает</b>	Способы и методы проведения маркетинговых исследований
	<b>Умеет</b>	Подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
	<b>Владеет</b>	Инструментальными средствами автоматизированной подготовки бизнес-планы выпуска и реализации изделий
ОПК-9 - способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений	<b>Знает</b>	Методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий
	<b>Умеет</b>	Проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции
	<b>Владеет</b>	Методами анализа результаты деятельности производственных подразделений
ОПК-13 – способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения	<b>Знает</b>	Нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства
	<b>Умеет</b>	Разрабатывать методические и нормативные документы
	<b>Владеет</b>	Инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов

В процессе реализации данной дисциплины предусмотрено применение методов активного/интерактивного обучения: проведение групповых дискуссий, анализ деловых ситуаций.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **МОДУЛЬ I. Автоматизация проектирования технологических процессов (18 час., в том числе по МАО 0 час.)**

### **Раздел I. Классификация технологических процессов и методов проектирования (4 час., в том числе по МАО 0 час.)**

#### **Тема 1. Цели и задачи курса. Технологический процесс. Виды технологических процессов (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Структура дисциплины, цель и задачи дисциплины. Понятие технологического процесса, технологической операции. Структура технологического процесса. Виды технологических процессов и их характеристика.

#### **Тема 2. Типовые технологические процессы (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Понятие типового технологического процесса. Методы типизации технологических процессов. Подход к типизации технологических процессов А.П. Соколовского. Групповые технологии С.П. Митрофанова, особенности применения. Модульные технологии Б.М. Базрова, принципы и особенности применения.

### **Раздел II Автоматизация проектирования технологических процессов на основе типовых элементов (4 час., в том числе по МАО 0 час.)**

#### **Тема 3. Автоматизированные системы проектирования технологических процессов (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Понятие автоматизированной системы. Существующие подходы к автоматизации проектирования технологических процессов. Классификация автоматизированных систем проектирования технологических процессов. Характеристика отдельных классов систем.

#### **Тема 4. Автоматизированные системы проектирования на основе типовых технологических процессов (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Типовые элементы, используемые при проектировании технологических процессов. База данных типовых элементов. Проектирование единичных технологических процессов на основе типовых элементов базы данных автоматизированной системы.

### **Раздел III . Формализация проектирования единичных технологических процессов (6 час., в том числе по МАО 0 час.)**

#### **Тема 5. Формализация технологического проектирования (1 - час., в том числе по МАО - час.)**

Формализация технологического проектирования, существующие подходы. Классификация способов формирования геометрии детали. Аддитивные, субтрактивные технологии и технологии формования.

#### **Тема 6. Основные задачи, решаемые при проектировании единичных технологических процессов (1 - час., в том числе по МАО - час.)**

Технологии обеспечения свойств материала. Технологии обеспечения геометрической формы детали. Задачи обеспечения геометрической конфигурации детали: формообразование поверхностей, обеспечение взаимного расположения поверхностей, методы отделения материала от заготовки.

#### **Тема 7. Формы и способы представления поверхностей детали. Схемы формообразования. (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Понятие поверхности. Методы представления и описания поверхностей: аналитический, параметрический, каркасный. Элементарные поверхности. Представление поверхностей и формообразующих движений единичным шестимерным вектором. Представление элементарных поверхностей. Классификация методов формообразования поверхностей. Непрерывные и дискретные методы формообразования. Синтез методов формообразования элементарных поверхностей детали.

#### **Тема 8. Схема проектирования единичных технологических процессов. (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Формализация проектирования планов обработки деталей.  
Формализация проектирования последовательности обработки поверхностей  
детали. Базирование. Графы размерных связей.

#### **Раздел IV Автоматизация проектирования технологических процессов сварки (4 час., в том числе по МАО 0 час.)**

##### **Тема 9. Особенности проектирования технологических процессов сварки. (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Подбор сварочных материалов. Определение режимов сварки. Расчет  
норм расхода вспомогательных материалов.

##### **Тема 10. Автоматизация проектирования технологических процессов сварки в САПР ТП «ВЕРТИКАЛЬ». (2 - час., в том числе по МАО - час.)**

Диалоговое проектирование (с использованием баз данных).  
Проектирование на основе техпроцесса-аналога. Проектирование с  
применением часто повторяемых технологических решений. Проектирование  
на основе групповых и типовых техпроцессов. Проектирование на основе  
технологического описания (кодирования) геометрии обрабатываемых  
поверхностей.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час., в том числе по МАО 0 час.)**

*Занятие 1.* Методика проектирования единичного технологического  
процесса субтрактивной обработки детали машиностроительного  
производства. Подходы к проектированию. Проектирование  
технологического процесса обработки осесимметричной детали. Разработка  
планов обработки поверхностей. Формирование стадий обработки (4 час.).

*Занятие 2.* Методика проектирования единичного технологического  
процесса субтрактивной обработки детали машиностроительного



производства. Формирование установов, разработка последовательности операций (4 час.).

*Занятие 3.* Документирование процесса проектирования технологического процесса. Заполнение формы технологического процесса (4 час.).

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

*Занятие 5.* Сопоставление схем формообразования поверхностей с формообразующими движениями станков (4 час.).

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

*Занятие 7.* 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.).

*Занятие 8.* Формирование матрицы связности и наложение технологических ограничений. Формальная компоновка схем базирования (4 час.).

*Занятие 9.* Формальная компоновка схем базирования. Алгоритм последовательной смены баз при обработке детали. Численные эксперименты (4 час.).

**Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом**

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» 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;
- характеристики 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. Классификация технологических процессов и методов проектирования	ОК-9 ОК-11 ОПК-8	знает принципы принятия управленческих решений; научные основы организации труда	УО-1 ПР-7	1-6
			Умеет проводить оценку ситуации и выполнять подбор методов и подходов к управлению; подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	УО-1 УО-2	
			Владеет навыками использования инструментальных средств для принятия управленческих решений; автоматизированной подготовки бизнес-планов выпуска и реализации изделий	УО-1 УО-2	
2	Раздел II. Автоматизация проектирования технологических процессов на основе типовых элементов	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства	УО-1 ПР-7	7-12
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции; разрабатывать методические и нормативные документы	УО-1 УО-2	

			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2	
3	Раздел III. Формализация проектирования единичных технологических процессов	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства	УО-1 УО-2 ПР-7	13-30
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции; разрабатывать методические и нормативные документы	УО-1 УО-2	
			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2 ПР-11	
4	Раздел IV. Автоматизация проектирования технологических процессов сварки	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства	УО-1 УО-2 ПР-7	31-36
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции; разрабатывать методические и	УО-1 УО-2	

			нормативные документы		
			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2 ПР-11	

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 обучающимися 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	Различают задачи и задания: 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; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий

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

*(электронные и печатные издания)*

1. Аверченков, В. И. Инновационные центры высоких технологий в машиностроении [электронный ресурс] : монография / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, В. А. Беспалов, В. А. Шкаберин, Ю. М. Казаков, А. Е. Симуни, М. В. Терехов; под общ ред. В. И. Аверченкова, А. В. Аверченкова. – 2-е изд., стереотип. – М. : Флинта, 2011.– 180 с. - ISBN 978-5-9765-1257-3  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=453758>

2. Токмин А. М. Выбор материалов и технологий в машиностроении: Учебное пособие / А.М. Токмин и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2013. - 235 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=374609>

3. Федотова Е. Л. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие / Е.Л. Федотова, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 336 с.: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392462>

### Дополнительная литература

*(печатные и электронные издания)*

1. Современные технологии обработки металлов и сплавов: Сб. научно-тех. статей профессорско-препод. состава кафедры "Технология обр.металлов давлением"- М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501737>

2. Современные технологии обработки металлов и сплавов: Сб. научно-тех. статей профессорско-препод. состава кафедры "Технология обр.металлов давлением"- М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 252 с.:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501737>

3. Ванин В.А., Однолько В.Г., Пестрецов С.И., Фидаров В.Х., Колодин А.Н. Научные исследования в технологии машиностроения:

Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 232 с.  
<http://window.edu.ru/resource/263/68263>

### **Нормативно-правовые материалы**

4. 1. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий
5. 2. ГОСТ 3.1103-2011 Единая система технологической документации (ЕСТД). Основные надписи. Общие положения
6. 3. ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://www.gpntb.ru/> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России.
2. <http://www.wipo.int/portal/index.html.en> – World intellectual property organization (WIPO).
3. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64629](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629) –  
КонсультантПлюс – Конституция Российской Федерации часть 4.
4. <https://www.dvfu.ru> - Официальный сайт ДВФУ.
5. <https://cyberleninka.ru> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка».
6. <http://apps.webofknowledge.com> - «Web of Science» Научная электронная библиотека, научный форум, публикационная система.
7. <http://www.sovmash.com> - Электронный журнал «Современное машиностроение»
8. <http://www.rae.ru/snt/> - Электронный журнал «Современные наукоемкие технологии»



## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом доступно следующее программное обеспечение:

1. Microsoft Office Professional Plus – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.) – номер лицензии Standard Enrollment 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.

2. Антивирусное программное обеспечение ESET NOD32 Enterprise renewal for 5600 users договор №от 24.04.2018

3. Система автоматизированного проектирования SolidWorks договор №15-04-101 от 23.12.2015. Поставщик Солид Воркс Р.

4. Система автоматизированного проектирования Компас-3D (САПР) договор №15-03-53 от 02.12.2015

5. Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования MathCAD; договор 15-03-49 от 02.12.2015

6. Программа разработки и внедрения систем автоматизации процессов конструкторской и технологической подготовки производства на машиностроительных и приборостроительных предприятиях. Интермех. Сетевая лицензия.

7. Inventor Professional 2015, «Autodesk», сетевая лицензия №110002048940.

8. AutoCAD 2018, «Autodesk», сетевая лицензия №110002048940.

9. SPSS Statistics Premium Campus Edition, «IBM», лицензия ЭА-442-15 от 18.01.16 лот 5.

10. Academic Campus 500, «Ansys», лицензия ЭА-442-15 от 18.01.16 лот . При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом доступен электронный ресурс сайта ДВФУ (<https://www.dvfu.ru>):

- Научная библиотека ДВФУ (<https://www.dvfu.ru/library>);
- Портал ДВФУ (<https://ip.dvfu.ru>);

- Система электронных курсов ДВФУ Blackboard Learn (<https://bb.dvfu.ru>);
- Электронная почта ДВФУ (<http://mail.dvfu.ru>);
- Техническая поддержка ИТ-сервисов ДВФУ (<https://www.dvfu.ru/support>).

## **V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

### **Время, отведённое на реализацию дисциплины**

Теоретическая часть курса, проводимая в аудиториях/лабораториях ДВФУ (с преподавателем/руководителем) – 18 часов.

Практическая часть курса, проводимая в аудиториях/лабораториях ДВФУ (с преподавателем/руководителем) – 36 часов.

Всего часов аудиторной нагрузки (с преподавателем/руководителем) – 54 часа.

Время на самостоятельную работу (без преподавателя/руководителя) как теоретической, так и практической частей курса – 18 часов, в том числе на подготовку к экзамену – 36 часов.

### **Методические указания студентам по освоению дисциплины**

#### **Общая рекомендация**

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы учебной дисциплины (далее - РПУД), с целями и задачами дисциплины, её связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине,

имеющимся на образовательном портале и сайте кафедры, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

### **Рекомендация по процессу обучения**

Обучение по рабочей программе учебной дисциплины «Автоматизация проектирования технологических процессов» направления подготовки 15.04.01 Машиностроение, магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (лекции и практические работы) и самостоятельной работы студентов. С целью обеспечения успешного обучения студент должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

- знакомит с новым учебным материалом;
- разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
- систематизирует учебный материал;
- ориентирует в учебном процессе.

Подготовка к лекции заключается в следующем:

- внимательно прочитайте материал предыдущей лекции;
- узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора);
- ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;
- постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей профессиональной подготовке;
- запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции.

Подготовка к практическим занятиям и работам:

- внимательно прочитайте материал лекций относящихся к данным практическим занятиям, ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;
- выпишите основные термины, принципы, формулы;
- ответьте на контрольные вопросы по практическим занятиям, готовьтесь дать развёрнутый ответ на каждый из вопросов;
- уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными и постарайтесь получить на них ответ заранее (до практического занятия) во время текущих консультаций преподавателя;
- готовиться можно индивидуально, парами или в составе малой группы, последние являются эффективными формами работы;
- рабочая программа дисциплины в части целей, перечню знаний, умений, терминов и учебных вопросов может быть использована вами в качестве ориентира в организации обучения.

Подготовка к экзамену.

К экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине.

Попытки освоить дисциплину в период зачётно-экзаменационной сессии, как правило, показывают не слишком удовлетворительные результаты.

В самом начале учебного курса познакомьтесь со следующей учебно-методической документацией:

- программой дисциплины;
- перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами лекций, семинарских занятий;
- контрольными мероприятиями;
- учебником, учебными пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами;
- перечнем экзаменационных вопросов.

После этого у вас должно сформироваться чёткое представление об объёме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине. Систематическое выполнение учебной работы на лекциях и практических занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи экзамена.

### **Рекомендации по выполнению различных форм самостоятельных работ (домашних заданий)**

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Студентам следует:

- руководствоваться графиком самостоятельной работы, определённым РПУД и системой рейтингового оценивания (БРС);
- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать в установленное время на занятиях, консультациях неясные вопросы;
- использовать при подготовке нормативные документы ДВФУ, а именно, Процедура, Требования к выполнению письменных работ в ДВФУ от 17 ноября 2011 г, также ГОСТ 2.105 Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

- при подготовке к экзамену / зачёту параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

### **Рекомендации по работе с информационными источниками**

Работа с информацией – процесс нахождения знаний (информации) о причинах возникновения проблем, применённых инженерных решений/идей, современного состояния объекта исследования.

Поиск информации по дисциплине и её дальнейшей обработки следует начинать с:

- проработки тематического плана – теоретическая и практическая части курса;
- классификации информационного материала;
- составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между рассматриваемыми темами;
- составления новой библиографии, при неудовлетворении предложенной.
- реферирования – краткое, основное содержание одной и более работ по теме.
- конспектирования – детальное изложение главных положений и концептуальных идей.
- аннотирования (аннотация) – краткое, предельно сжатое изложение основного содержания литературных источников.
- цитирования - дословная запись высказываний, выражений автора, а также приведение в тексте работы фактических и статистических данных, содержащихся в литературных источниках.

Для реализации информации в письменном/машинно-печатном виде необходимо выполнять общепринятые требования по оформлению -

ГОСТ 2.105 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам; Процедура. Требования к выполнению письменных работ в ДВФУ от 17 ноября 2011 г.

### **Рекомендации по подготовке к текущей/промежуточной аттестации**

Успешное освоение программы курса предполагает:

- усвоение теоретической части курса;
- выполнение требований преподавателя (руководителя), установленных преподавателем (руководителем) в рамках профессиональной деятельности сотрудника ДВФУ;
- выполнение практической части курса (практические задания/лабораторные работы/тесты/контрольные мероприятия и др.).

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Освоение теоретической части дисциплины предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е423 (компьютерный класс) – учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 25) Оборудование: 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.)
---	---



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

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов»  
Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение  
магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства»  
Форма подготовки очная

Владивосток

2017



## 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 с 1 – по 18 неделю	Подготовка к лекциям, просмотр и доработка конспекта, изучение литературы	9 ч.	Проверка конспекта, собеседование
2	Перед практическими занятиями с 1 – по 18 неделю	Подготовка к практическим занятиям, повторение материала, выполнение упражнений	9 ч.	Проверка выполнения самостоятельных практических заданий и упражнений
4	При подготовке к экзамену	Подготовка к экзамену	36 ч.	Экзамен
ИТОГО			54	

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

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов»**

**Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение**

**магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства»**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2017**

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине Автоматизация проектирования технологических процессов**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-9 - способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	<b>Знает</b>	Принципы принятия управленческих решений
	<b>Умеет</b>	Проводить оценку ситуации и выполнять подбор методов и подходов к управлению
	<b>Владеет</b>	Навыками использования инструментальных средств для принятия управленческих решений
ОК-11 - способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	<b>Знает</b>	Научные основы организации труда
	<b>Умеет</b>	Самостоятельно оценивать результаты своей деятельности
	<b>Владеет</b>	Навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований
ОПК-8 - способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	<b>Знает</b>	Способы и методы проведения маркетинговых исследований
	<b>Умеет</b>	Подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
	<b>Владеет</b>	Инструментальными средствами автоматизированной подготовки бизнес-планы выпуска и реализации изделий
ОПК-9 - способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений	<b>Знает</b>	Методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий
	<b>Умеет</b>	Проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции
	<b>Владеет</b>	Методами анализа результаты деятельности производственных подразделений
ОПК-13 – способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения	<b>Знает</b>	Нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства
	<b>Умеет</b>	Разрабатывать методические и нормативные документы
	<b>Владеет</b>	Инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I.	ОК-9	знает принципы принятия управленческих решений;	УО-1	1-6

	Классификация технологических процессов и методов проектирования	ОК-11 ОПК-8	научные основы организации труда	ПР-7	
			Умеет проводить оценку ситуации и выполнять подбор методов и подходов к управлению; подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	УО-1 УО-2	
			Владеет навыками использования инструментальных средств для принятия управленческих решений; автоматизированной подготовки бизнес-планов выпуска и реализации изделий	УО-1 УО-2	
2	Раздел II. Автоматизация проектирования технологических процессов на основе типовых элементов	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства	УО-1 ПР-7	7-12
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции; разрабатывать методические и нормативные документы	УО-1 УО-2	
			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2	
3	Раздел III. Формализация проектирования единичных технологических процессов	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско-технологическую подготовку производства	УО-1 УО-2 ПР-7	13-30
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого	УО-1 УО-2	

			качества продукции; разрабатывать методические и нормативные документы		
			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2 ПР-11	
4	Раздел IV. Автоматизация проектирования технологических процессов сварки	ОПК-9 ОПК-13	Знает методы обеспечения управления программами освоения новой продукции и технологий; нормативные документы, регламентирующие конструкторско- технологическую подготовку производства	УО-1 УО-2 ПР-7	31-36
			Умеет проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции; разрабатывать методические и нормативные документы	УО-1 УО-2	
			Владеет методами анализа результаты деятельности производственных подразделений; инструментальными средствами автоматизированной подготовки методических и нормативных документов	УО-1 УО-2 ПР-11	

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 обучающимися 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 диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.</p>	Комплект разноуровневых задач и заданий
---	-------	---------------------------------	--	---

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОК-9 - способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	знает (пороговый уровень)	Как действовать в нестандартных ситуациях,	умение действовать в нестандартных ситуациях	способность действовать в нестандартных ситуациях	61-75
	умеет (продвинутой)	творчески действовать в нестандартных ситуациях	Умение действовать в нестандартных ситуациях	способность действовать в нестандартных ситуациях	76-85
	владеет (высокий)	способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	умение действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	способность действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения	86-100
ОК-11 - способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	знает (пороговый уровень)	Как на научной основе организовывать свой труд, оценивать результаты своей деятельности	знание научных основ организации труда и оценивания результаты своей деятельности	способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности	61-75
	умеет (продвинутой)	организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, проводить научные исследования	умение организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, проводить научные исследования	способность организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, проводить научные исследования	76-85
	владеет (высокий)	способностью на научной основе	способность на научной основе	способность на научной основе	86-100

		организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	рационально организовывать свой труд, критично оценивать результаты своей деятельности, хорошо владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований	
ОПК-8 способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	знает (пороговый уровень)	методику проведения маркетинговых исследований и подготовки бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий	знание основных этапов проведения маркетинговых исследований и подготовки бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий	способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы	61-75
	умеет (продвинутый)	осуществлять маркетинговые исследования и подготавливать некоторые разделы бизнес-плана выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	Умение проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	способность осуществлять маркетинговые исследования и подготавливать некоторые разделы бизнес-плана выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	76-85
	владеет (высокий)	методикой проведения маркетинговых исследований и подготовки бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий	знание методики проведения маркетинговых исследований и подготовки бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий	способность качественно проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения	86-100
ОПК-9 способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку	знает (пороговый уровень)	основы управления программами освоения новой продукции и технологий, оценки производственных и	знание основ управления программами освоения новой продукции и технологий, оценки производственных и	способность управлять программами освоения новой продукции и технологий, оценивать производственные и непроизводственные	61-75

производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений		непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции	непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции	е затраты на обеспечение требуемого качества продукции	
	умеет (продвинутой)	обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции	умение управлять программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции	Способность управлять программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции	76-85
	владеет (высокий)	Способностью управлять программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений	Владение способностью управлять программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений	Способность управлять программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений	86-100
ОПК-13 – способность разрабатывать методические нормативные документы, предложения проводить мероприятия реализации разработанных проектов программ области машиностроения	знает (пороговый уровень)	методику подготовки методических и нормативных документов в области машиностроения	знание основных этапов подготовки методических и нормативных документов в области машиностроения	способность подготавливать научно-технические методические и нормативные документы в области машиностроения	61-75
	умеет (продвинутой)	разрабатывать методические и нормативные документы, предложения в области машиностроения	умение разрабатывать методические и нормативные документы, предложения в области машиностроения	способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения в области машиностроения	76-85

	владеет (высокий)	способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения	Владение методикой разработки методических и нормативных документов, предложений и проведения мероприятий по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения	способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения	86-100
--	----------------------	---	--	--	--------

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### ***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***

#### 1.1.1

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» 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 проектирования технологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» проводится в виде устного экзамена с использованием оценочных средств устного опроса в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов.



## Оценочные средства для текущей аттестации студентов

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов» проводится в форме контрольных мероприятий – защита практических работ; предоставление конспекта;– 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.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов»:

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
	«отлично»	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 проектирования технологических процессов»**

1. Понятие технологического процесса, операции. Виды операций.
2. Структура технологического процесса.
3. Этапы разработки единичных технологических процессов.
4. Типовой технологический процесс. Типизация технологических процессов по типу детали.
5. Групповые технологические процессы.
6. Модульная технология разработки технологических процессов.
7. Автоматизация проектирования технологических процессов на основе типовых технологических операций и технологических процессов.
8. Классификация способов формирования геометрии детали.
9. Аддитивные технологии формирования геометрии детали.
10. Технологии формования формирования геометрии детали.
11. Субтрактивные технологии формирования геометрии детали.
12. Основные задачи, решаемые при проектировании единичных технологических процессов
13. Формы и способы представления поверхностей детали.

14. Представление поверхностей и формообразующих движений единичным шестимерным вектором
15. Представление плоской поверхности единичным шестимерным вектором.
16. Представление цилиндра и шара единичным шестимерным вектором.
17. Способы формообразования плоской поверхности.
18. Способы формообразования цилиндрической поверхности.
19. Классификация методов формообразования поверхностей деталей.
20. Непрерывные и дискретные методы формообразования поверхностей деталей.
21. Положение тела и поверхности в пространстве. Взаимное расположение поверхностей детали.
22. Представление положения элементарных поверхностей шестимерным вектором.
23. Базирующие элементы элементарных поверхностей.
24. Взаимное влияние поверхностей на базирование.
25. Графы размерных связей. Построение графов размерных связей в 6 направлениях.
26. Расчет допусков замыкающих звеньев с помощью графов размерных связей.
27. Схема проектирования единичных технологических процессов.
28. Формализация проектирования планов обработки деталей.
29. Проектирование последовательности обработки детали.
30. Алгоритм последовательной смены баз.
31. Особенности проектирования технологических процессов сварки
32. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов сварки
33. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ
34. Система расчета режимов сварки к САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ
35. Системы администрирования сварочных КТЭ
36. Типовой алгоритм работы технолога в САПР ТП сварки

## Критерии выставления оценки студенту на зачёте по дисциплине

### «Автоматизация проектирования технологических процессов»:

Баллы	Оценка зачёта/экзамена	Требования к сформированным компетенциям
100-86	«зачтено» / «отлично»	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.
85-76	«зачтено» / «хорошо»	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.
75-61	«зачтено» / «удовлетворительно»	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.
60-50	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	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.



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

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по дисциплине «Автоматизация проектирования технологических процессов»**  
**Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение**  
**магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**

**2018**

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению практических работ

*Занятие 1.* Методика проектирования единичного технологического процесса субтрактивной обработки детали машиностроительного производства. Подходы к проектированию. Проектирование технологического процесса обработки осесимметричной детали. Разработка планов обработки поверхностей. Формирование стадий обработки (4 час.).

*Задание:* На основании чертежа осесимметричной детали разработать планы обработки поверхностей и определить стадии обработки.

*Пример выполнения задания.* Деталь образована поверхностями вращения и имеет цилиндрическую форму, т. е. представлена совокупностью цилиндрических поверхностей.

Для получения цилиндрической поверхности могут использоваться две линии: прямая и окружность. При этом можно окружность перемещать по прямой, либо прямую по окружности.

Поскольку изготавливаемая поверхность не имеет выхода для стружки при продольном течении, то возможно формообразование только перемещением окружности по прямой, т.е. в качестве образующей используется окружность, в качестве направляющей – прямая.

Для получения поверхности в данном случае можно использовать методы копирования и следа, как дискретные, так и непрерывные. Непрерывные методы предполагают использование токарного станка, дискретные – фрезерного.

Однако, можно заметить, что использование непрерывного метода копирования будет затруднено. Обрабатываемые цилиндрические поверхности имеют достаточно большую длину, соответственно, такого же размера требуется режущая кромка инструмента. Применение такого инструмента с учетом обрабатываемого материала (сталь 40Х) требует больших усилий и твердости инструмента. При этом велика вероятность, что

поверхность обработать не удастся из-за поломки инструмента. Поэтому этот метод стоит исключить из рассмотрения.

Дискретные методы копирования и следа могут быть реализованы концевой или цилиндрической фрезой (установка заготовки в вертикальное положение и использование поворотного стола). Поскольку дискретные методы подразумевают кусочное (чешуйчатое) снятие стружки, то при их использовании требуется меньшее усилие. Исходя из этого, целесообразно использовать метод копирования, как более экономичный и позволяющий выполнить обработку за меньшее время, в отличие от дискретного метода следа.

Таким образом, методами получения данной поверхности являются непрерывный метод следа (токарный станок) и дискретный метод копирования (фрезерный станок).

Учитывая, что все поверхности детали имеют цилиндрическую форму, для ее изготовления целесообразнее использовать токарный станок. Поэтому в качестве метода обработки выбран непрерывный метод следа, а в качестве оборудования – токарный станок.

### ***Поверхность 1.***

Гладкая цилиндрическая поверхность  $\varnothing 60$  с фаской  $1 \times 45^\circ$  и резьбовым отверстием  $M10 \times 1,5-6G$ . В рассматриваемую поверхность включены торцы. Поскольку допуск на размер поверхности не задан, то точность поверхности определяется по общим требованиям к детали и составляет  $\pm IT14/2$ . Тогда допуск может быть рассчитан по формуле или определен по таблице. Составляет 0,74 мм (по таблице).

Таким образом, план обработки поверхности 1 состоит из следующих переходов:

- *черновое точение;*
- *подрезка торца;*
- *получистовое точение;*
- *подрезка торца;*
- *точение фаски;*
- *сверление отверстия;*

- нарезание резьбы в отверстиях;

### **Поверхность 2.**

Поверхность 2 представляет собой зубчатое колесо, длина 20 мм, модуль  $m$  2, число зубьев  $z$  37, угол наклона зуба  $\varphi$  15°, исходный контур ГОСТ 13775-81, степень точности по ГОСТ 1643-82 7с, шероховатость поверхности Ra 0,63.

Для расчета диаметра зубчатого колеса используются формулы:

$$d_{cp} = m * z$$

$$d_{нар} = m * (z + 2)$$

$$d_{вн} = m * (z - 2,5)$$

Таким образом,  $d_{cp}=74$ ;  $d_{нар}=78$ ;  $d_{вн}=69$

Перед нарезанием зубьев поверхность требуется точить.

Таким образом, план обработки поверхности 2 состоит из следующих переходов:

- черновое точение;
- получистовое точение;
- нарезание зубьев

После закалки для получения указанного качества поверхностного слоя Ra 0,63 выполнить шлифование.

- шлифование зубьев

**Занятие 2.** Методика проектирования единичного технологического процесса субтрактивной обработки детали машиностроительного производства. Формирование установов, разработка последовательности операций (4 час.).

*Задание:* На основании чертежа осесимметричной детали и разработанных планы обработки поверхностей определить в каждой стадии обработки установовы.

*Пример выполнения задания.* Для распределения объема обработки по стадиям удобно свести в одну таблицу планы обработки всех поверхностей



изготавливаемой детали. Стадией называется совокупность переходов по всем поверхностям (строки таблицы), которые могут быть выполнены в некоторых определенных условиях. Довольно часто разделительным элементом стадий являются операции, изменяющие свойства материала детали.

Первая стадия обычно объединяет черновую обработку, в результате которой должна получиться форма заготовки наиболее близкая к форме детали. На этой стадии выполняются операции, связанные с удалением большого объема материала с заготовки. Процессы выполнения этих переходов могут сопровождаться сильным нагревом материала, разрушением структуры поверхностного слоя, появлением напряжений в материале. Поэтому, после выполнения черновой обработки рекомендуется снять деталь со станка. Отделить стадию черновой обработки можно, например, операцией цементации.

Согласно требованиям, указанным на чертеже, необходимо цементировать поверхность 4  $h_{0,9}$ . Операцию цементации можно выполнить двумя способами.

1 способ. Выполнение цементации только поверхности 4. При этом остальные поверхности маскируют (обмазывают глиной).

2 способ. Выполнение цементации всех поверхностей детали, а в процессе последующей обработки срезание цементированного слоя на всех поверхностях, кроме 4.

После цементации поверхность 4 не должна подвергаться обработке, поэтому на первой стадии для этой поверхности должны быть выполнены переходы: черновое точение, получистовое точение, точение канавки. Фрезерование шпоночного паза может быть выполнено как до цементации, так и после. В рассматриваемом примере, фрезерование шпоночного паза вынесено во вторую стадию.

В представленном примере операция цементации выполняется по второму способу. В этом случае необходимо после цементации срезать

полученный слой. Исходя из этого условия, в первую стадию вынесены переходы черновой обработки: черновое точение с подрезкой торцев 1, 3 и 5 поверхностей, черновое точение 2 и 4 поверхностей и сверление отверстия для 6 и 7 поверхностей. Кроме этого в первую стадию включены получистовое точение и точение канавки поверхности 4.

Вторая стадия, выполняемая после цементации, включает все переходы по получистовой и чистовой обработке и заканчивается операцией закалки (табл.1).

В процессе закалки возможны некоторые деформации материала. Поэтому после закалки выполняются чистовые и шлифовальные переходы.

В таблице 1 представлено разделение на стадии обработки в зависимости от используемого материала.

Если для изготовления детали используется мягкая низкоуглеродистая сталь (например, сталь 5), то для получения нужной прочности поверхности 4 используется цементация.

Если для изготовления детали используется, например, сталь 40Х, то необходимости в цементации нет. Однако, после закалки выполнять какую-либо обработку будет невозможно из-за высокой твердости. В данном случае вся обработка выполняется в две стадии (табл. 2).

После распределения переходов по стадиям можно приступать к формированию установов и операций.

Таблица 1. Распределение по стадиям обработки (материал сталь 5)

1	2	3	4	5	6	7
Стадия I (черновая обработка)						
черновое точение;	черновое точение;	черновое точение;	черновое точение;	черновое точение;	Сверлить отверстие	Сверлить отверстие
Подрезка торца		Подрезка торца	получист овое точение;	Подрезка торца		
			Точить канавку			
Цементировать h1.1						

Стадия II (получистовая обработка)						
получистовое точение;	получистовое точение;	получистовое точение;	Фрезеровать шпоночный паз	получистовое точение;	Расточить отверстие	Расточить отверстие
Подрезка торца		Подрезка торца		Точить канавку		Долбить шлицевые пазы
точение фаски;	нарезание зубьев			Нарезать резьбу		
сверление отверстия;						
нарезание резьбы в отверстиях						
Закалка						
Стадия III						
	Прикатка зубьев		Шлифование цилиндрической поверхности	Чистовое нарезание резьбы		Дорнование шлицевых пазов

**Занятие 3.** Документирование процесса проектирования технологического процесса. Заполнение формы технологического процесса (4 час.).

*Задание: Разработанный на предыдущих занятиях технологический процесс оформить согласно ЕСКД ГОСТ 3.1105-2011, форма 2.*

**Занятие 4.** 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	$XOY$	$(X_b, Y_l), (Y_b, X_l)$	6	$YOZ$	$(Z_b, X_a), (X_a, Z_l)$
2	$XOY$	$(X_b, Z_a), (Z_a, X_l)$	7	$XOZ$	$(X_b, Z_l), (Z_b, X_l)$
3	$XOY$	$(Y_b, Z_a), (Z_a, Y_l)$	8	$XOZ$	$(X_b, Y_a), (Y_a, X_l)$
4	$YOZ$	$(Y_b, Z_l), (Z_b, Y_l)$	9	$XOZ$	$(Z_b, Y_a), (Y_a, Z_l)$
5	$YOZ$	$(Y_b, X_a), (X_a, Y_l)$			

**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.

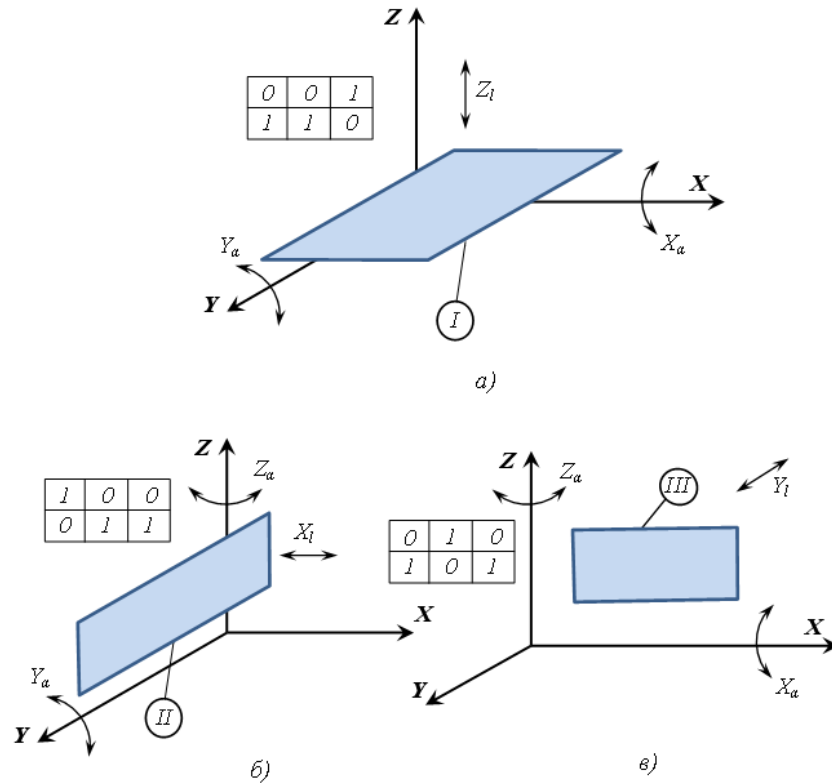


Рис. 1. Представление положения плоскостей единичным шестимерным вектором

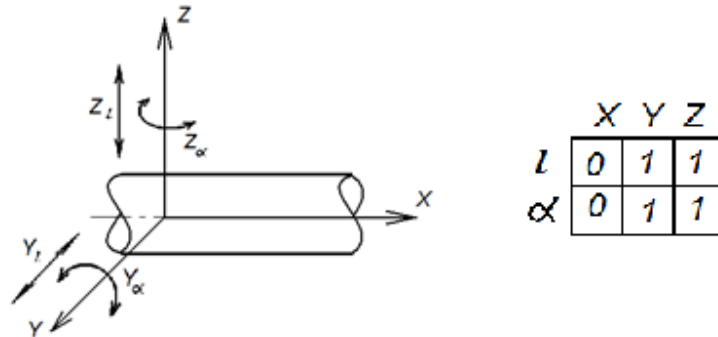


Рис. 2. Представление положения цилиндра единичным шестимерным вектором

На рис. 2 показано представление положения цилиндра единичным шестимерным вектором. Например, для того, чтобы однозначно ориентировать цилиндр, параллельный оси  $X$ , необходимо лишить его четырех 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 5.** Сопоставление схем формообразования поверхностей с формообразующими движениями станков (4 час.).

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

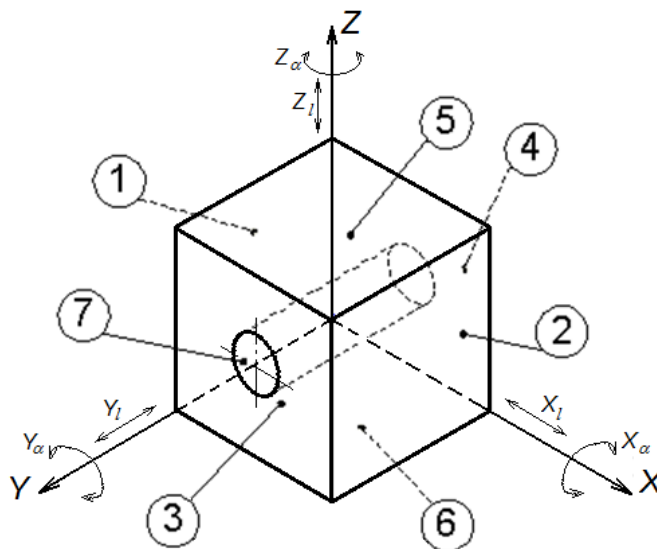


Рис. 2. Конфигурация объекта с обозначением поверхностей

- 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).

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}  $

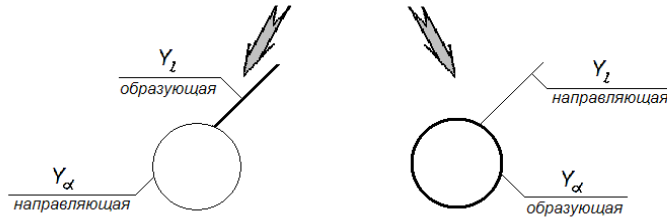
1. Остаточные степени свободы

$$Ц2 \Rightarrow \overline{Ц2}$$

	X	Y	Z
$l$	1	0	1
$\alpha$	1	0	1

	X	Y	Z
$l$	0	1	0
$\alpha$	0	1	0

2. Пары производящих линий



3. Схемы формообразования

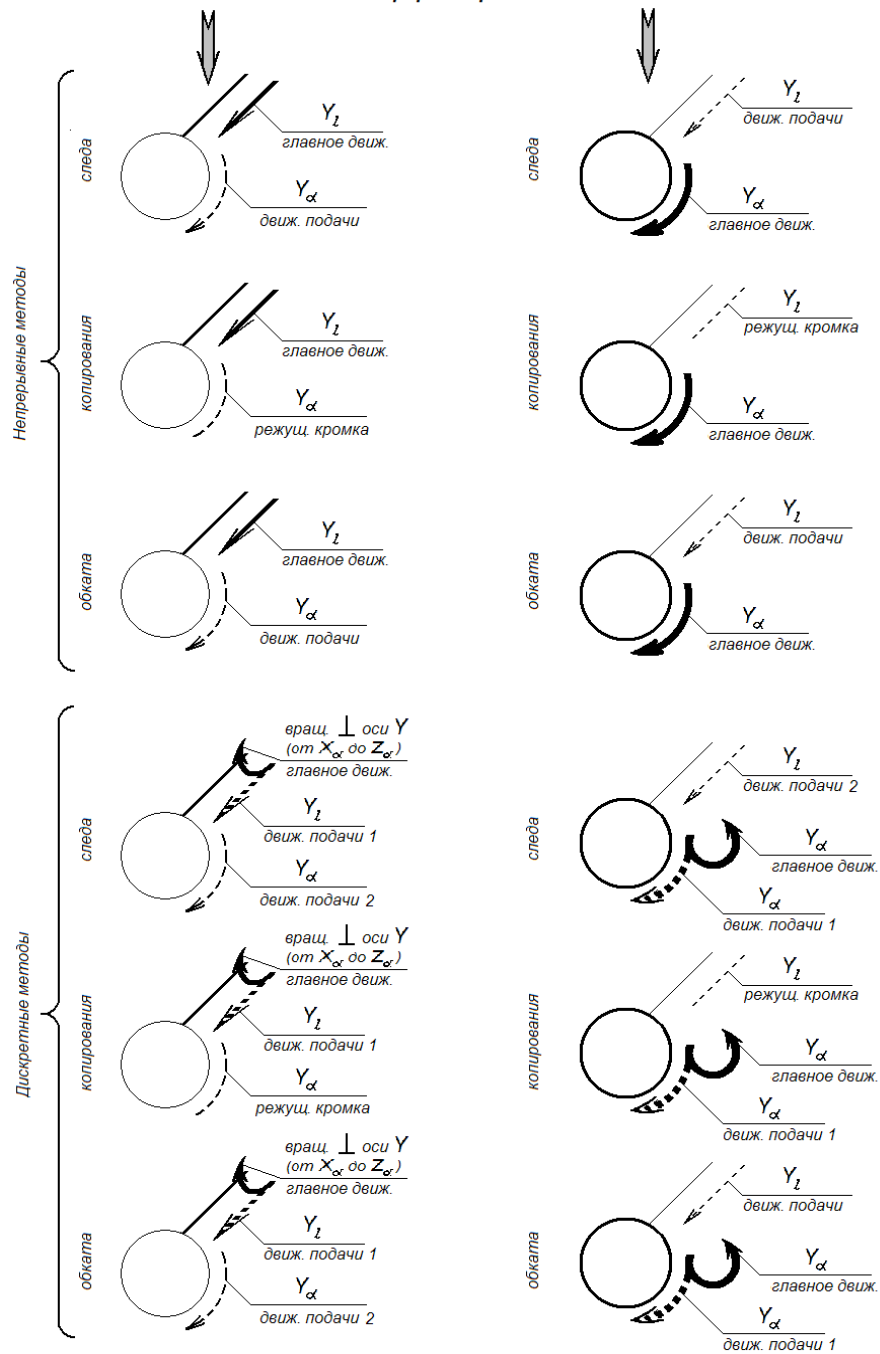


Рис. 3. Синтез множества потенциальных схем формообразования



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.

**Занятие 6.** 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.

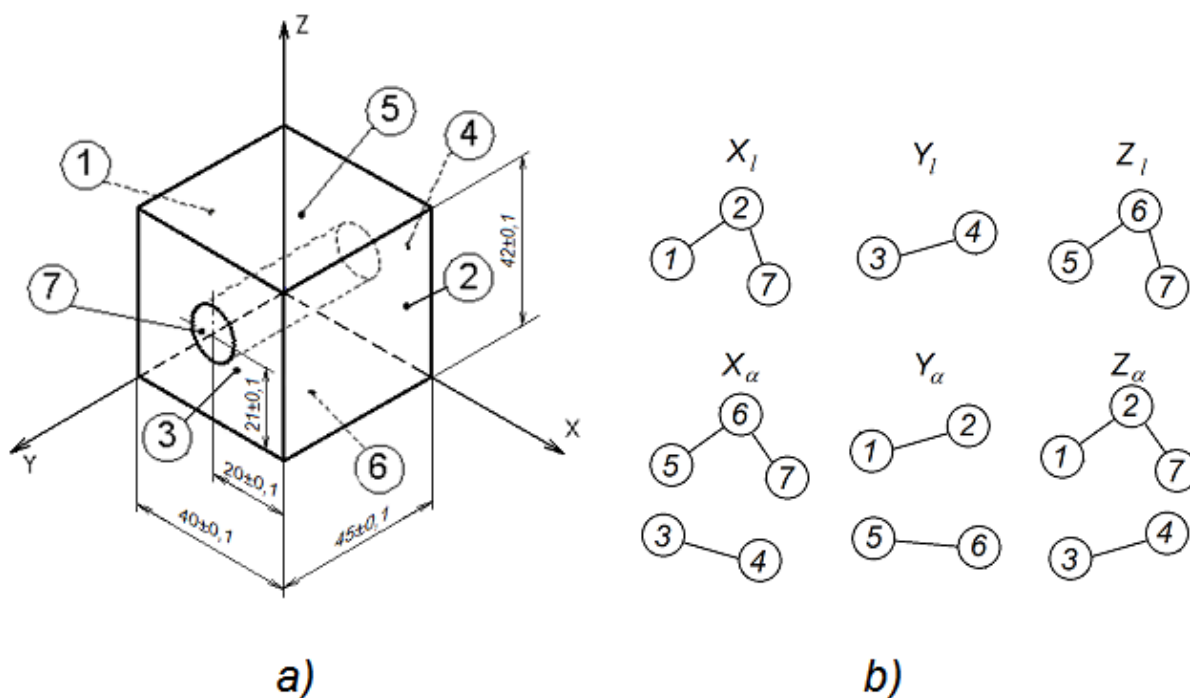


Рисунок 6. Деталь с нанесенными координирующими размерами (а) и соответствующие графы размерных связей (б)

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  $X_l$ ,  $Y_l$ ,  $Z_l$ ,  $X_\alpha$ ,  $Y_\alpha$  и  $Z_\alpha$  позволяет описать взаимное расположение всех поверхностей детали, а также сформировать схемы порождения геометрической конфигурации детали.

**Занятие 7.** 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.

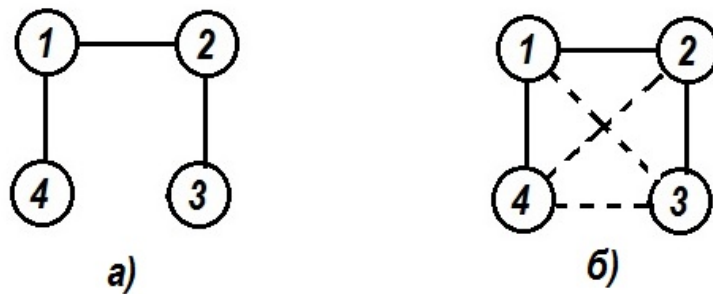


Рис. 2. Представление размерной цепи в виде графа

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.

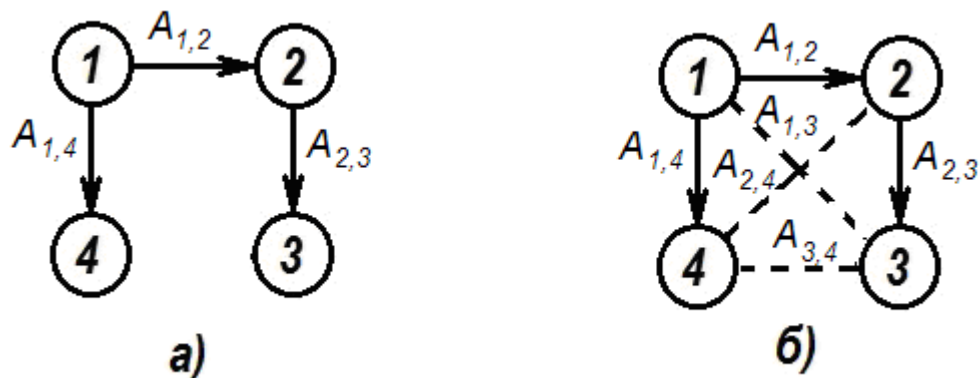


Рис. 4. Представление размерной цепи в виде графа

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  $X_i$ , 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.

**Занятие 8.** 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  $\alpha$  из числа  $X_\alpha$ ,  $Y_\alpha$ ,  $Z_\alpha$  (угловые размерные связи) является результатом исключаяющей суммы двух не одноимённых графов с индексом  $l$  (линейные размерные связи), например, граф в направлении  $Y_\alpha$  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  $X_\alpha$ ,  $Y_\alpha$ ,  $Z_\alpha$  несвязны, причем отсутствуют связи между взаимно перпендикулярными комплексами поверхностей, что исключает использование 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  $X_\alpha$  можно указать 6 вариантов простановки недостающей связи, в направлении  $Y_\alpha$  - 4 варианта и в направлении  $Z_\alpha$  - 6 вариантов.

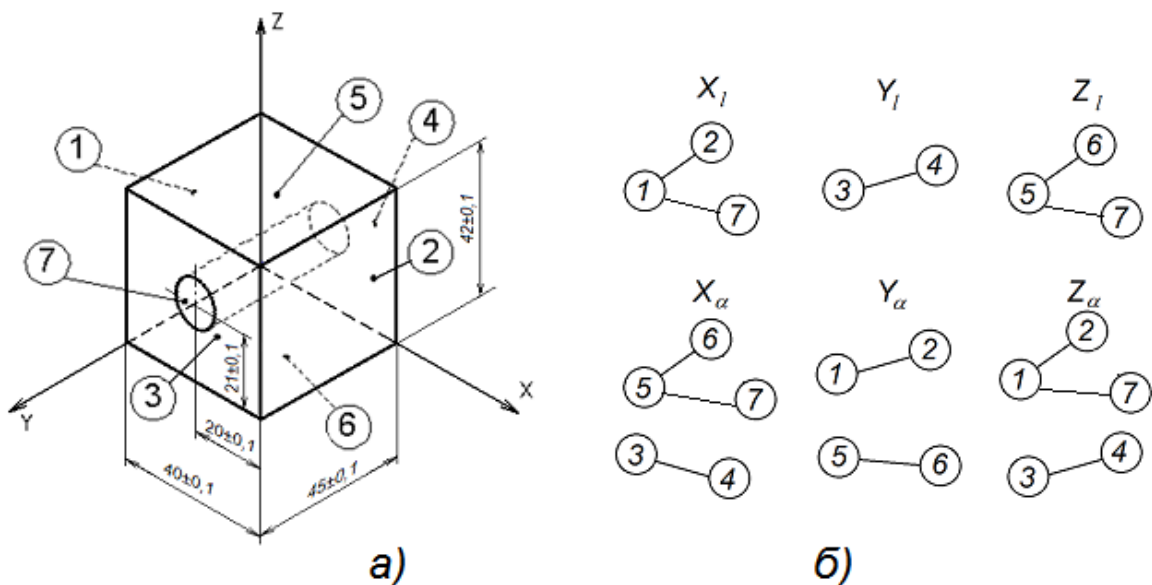


Рисунок 2. Деталь с нанесенными координирующими размерами (а) и соответствующие графы размерных связей (б)

Процедура моделирования обработки сторон детали и соответственно определения последовательности смены комплектов баз заключается в последовательном «перевode» 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.

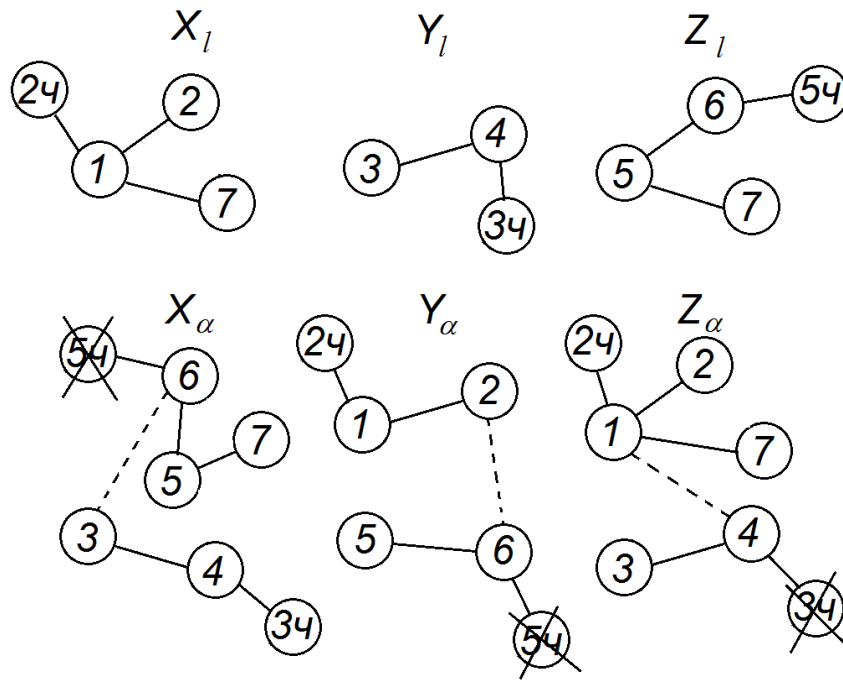


Рисунок 3. Графы размерных связей

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

		1	2	3	4	5	6	7
<b>Реальные</b>	2ч	1 0 0 0 1 1						
	3ч				0 1 0 1 0 0			
	5ч						0 0 1 0 0 0	
<b>Обрабатываемые</b>	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 9.** Формальная компоновка схем базирования. Алгоритм последовательной смены баз при обработке детали. Численные эксперименты (4 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 0 1 1	1 0 0 0 1 1					1 0 0 0 0 1
	3			0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1			0 0 0 0 0 1
	4			0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1	0 0 0 1 0 0		
	5				0 0 0 1 0 0	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	
	6	0 0 0 0 1 0				0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 0 0
	7		1 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 1			0 0 1 1 0 0	1 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	
	2	1 0 0 0 1 1					1 0 0 0 0 1
Обрабатываемые	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 0 0 1
	4		0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1	0 0 0 1 0 0		
	5			0 0 0 1 0 0	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	
	6	0 0 0 0 1 0			0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 1 0	0 0 1 1 0 0
	7		0 0 0 0 0 1			0 0 1 1 0 0	1 0 1 1 0 1

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 0   0   1
1				0   0   0 0   1   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					
6			0 0 1	0 0 1	
			1 1 0	1 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	
			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				
Обработываемые	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

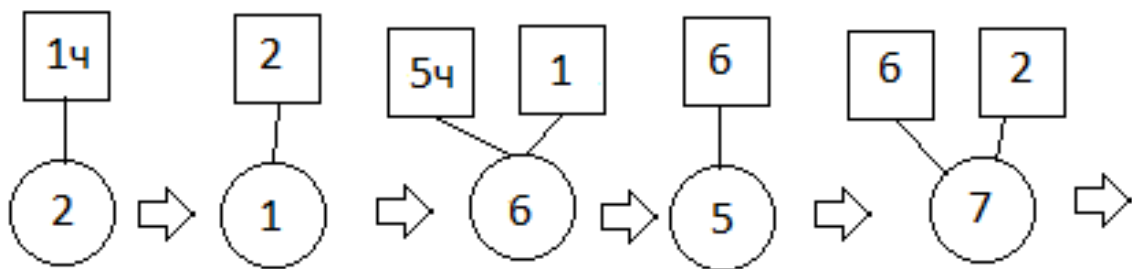


Рис. 16. Последовательность обработки поверхностей детали

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.